

Aus der Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde  
der Ludwig-Maximilians-Universität München  
Professor Dr. med. A. Berghaus

**Beidohriger Zahrentest im Störgeräusch nach Sauer – Stellenwert in der  
Begutachtung**

Dissertation  
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin  
an der Medizinischen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von  
Burkhard Leisering  
aus Leipzig

2014

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter:

Professor Dr. Alexander Berghaus

Mitberichterstatter:

Professor Dr. Karin Schorn

Mitbetreuung durch den  
promovierten Mitarbeiter:

Dr. John-Martin Hempel

Dekan: Prof. Dr. med. Dr. h.c. M. Reiser, FACR, FRCR

Tag der mündlichen Prüfung:

03.07.2014

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>V</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>VII</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>VIII</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Lärmschwerhörigkeit .....	1
1.1.1 Begutachtung der Lärmschwerhörigkeit .....	4
1.2 Innenohrschwerhörigkeit .....	6
1.2.1 Audiologisches Bild der Innenohrschwerhörigkeit .....	7
1.2.2 Hochtonschwerhörigkeit .....	7
1.2.3 Mitteltonschwerhörigkeit .....	8
1.2.4 Tiefton- und pantonale Schwerhörigkeit .....	9
1.3 Ziel der Studie .....	9
<b>2 Material</b> .....	<b>11</b>
2.1 Audiometer .....	11
2.2 Verstärker .....	11
2.3 Freifeldentzerrer .....	11
2.4 Doppel-Eichleitung .....	11
2.5 Kopfhörer .....	12
2.6 Boxen .....	12
2.7 PCs .....	12
2.8 Software .....	12
2.9 Hörtest-Compact Discs .....	12
<b>3 Methoden</b> .....	<b>14</b>
3.1 Patientengut .....	14
3.2 Tonschwellenbestimmung .....	14
3.3 Sprachaudiometrie .....	16
3.4 Freifeldmessung .....	20
3.5 Beidohriger Zahlentest im 70 dB Störgeräusch (BZT) - Sauer-Test .....	21
3.6 Auswertung .....	23
<b>4 Ergebnisse</b> .....	<b>28</b>

4.1	Datenüberblick.....	28
4.2	Ergebnisse der Hörtests.....	31
4.2.1	Überblick .....	31
4.2.2	Sauer – Test.....	32
4.2.3	Sprachaudiometrie.....	37
4.2.4	Hörverlust und GdS.....	45
4.3	Subgruppenanalyse 1 .....	49
4.3.1	Überblick, anamnestiche Daten und sprachaudiometrische Daten .....	49
4.3.2	Tonaudiometrische Daten.....	53
4.4	Subgruppenanalyse 2 .....	56
4.5	Subgruppenanalyse 3 .....	60
4.6	Bland-Altman’s Methodenvergleich.....	64
<b>5</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>68</b>
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>75</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>77</b>
<b>8</b>	<b>Danksagung .....</b>	<b>79</b>

## Abkürzungsverzeichnis

dB	Dezibel
Hz	Hertz
GdS	Grad der Schädigungsfolge
MdE	Minderung der Erwerbsfähigkeit
DD	Differentialdiagnose
BZT	beidohriger Zahlentest
SPL	Sprachschallpegel
HVZ	Hörverlust für Zahlen
KMB	Königsteiner Merkblatt
FF	Freifeld
SS	Störschall
SE-SH	Schallempfindungsschwerhörigkeit
SH	Schwerhörigkeit
BAuA	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
ASiG	Gesetz über Betriebsärzte, Sicherheitsingenieure und andere Fachkräfte für Arbeitssicherheit
BK	Berufskrankheit
KS	Körperschaden
GöSa	Göttinger Satztest
WaKo	Einsilber-Reimtest von Wallenberg und Kollmeier

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Sprachfeld eingezeichnet in das Tonschwellenaudiogramm (dB HL) aus <i>Lehnhardt et al, 2002, S.173</i> .....	16
Abb. 2:	Freiburger Sprachverständlichkeitstest nach DIN 45621.....	18
Abb. 3:	Graphische Darstellung des Sauer-Tests an einem Patientenbeispiel.....	22
Abb. 4:	Altersverteilung des Patientenkollektivs.....	29
Abb. 5:	Verteilung a(sauer) re. in dB.....	32
Abb. 6:	Verteilung a(sauer) li. in dB.....	33
Abb. 7:	Box-plot a(sauer) re. in dB.....	33
Abb. 8:	Box-plot a(sauer) li. in dB.....	34
Abb. 9:	Scatter-plot a(sauer) re./ a(sauer) li.....	35
Abb. 10:	Box-plot a(sauer) re. bei Kontrollpersonen in dB.....	35
Abb. 11:	Box-plot a(sauer) li. bei Kontrollpersonen in dB.....	36
Abb. 12:	Box-plot a(1) re. in dB.....	37
Abb. 13:	Box-plot a(1) li. in dB.....	37
Abb. 14:	Scatter-plot a(1) re. / a(1) li.....	38
Abb. 15:	Box-plot Verständnis für Wörter bei 60 dB re. in %.....	39
Abb. 16:	Box-plot Verständnis für Wörter bei 60 dB li. in %.....	39
Abb. 17:	Box-plot Verständnis für Wörter bei 80 dB re. in %.....	40
Abb. 18:	Box-plot Verständnis für Wörter bei 80 dB li. in %.....	40
Abb. 19:	Box-plot Verständnis für Wörter bei 100 dB re. in %.....	41
Abb. 20:	Box-plot Verständnis für Wörter bei 100 dB li. in %.....	41
Abb. 21:	Box-plot Freifeldmessung mit Störgeräusch.....	43
Abb. 22:	Box-plot Freifeldmessung ohne Störgeräusch.....	44
Abb. 23:	Box-plot Freifeldmessung mit Störgeräusch bei Kontrollpersonen.....	44
Abb. 24:	Box-plot Hörverlust rechts.....	45
Abb. 25:	Box-plot Hörverlust links.....	46
Abb. 26:	Box-plot GdS.....	46
Abb. 27:	Box-plot Hörverlust mit Sauer-Test rechts.....	47
Abb. 28:	Box-plot Hörverlust mit Sauer-Test links.....	48
Abb. 29:	Box-plot GdS mit Sauer-Test.....	49
Abb. 30:	Verteilung der Veränderung des GdS-Wertes.....	52
Abb. 31:	Verteilung der GdS-Veränderungen der Subgruppe 1.....	53
Abb. 32:	Verteilung der GdS-Veränderungen der Subgruppe 2.....	59
Abb. 33:	Bland-Altman's Methodenvergleich.....	65

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Tabelle nach Boenninghaus und Röser (1973) zur Ermittlung des prozentualen Hörverlusts aus den Werten der sprachaudiometrischen Untersuchungen .....	24
Tab. 2:	Dreifrequenztafel nach Röser (1980) zur Ermittlung des prozentualen Hörverlustes aus dem Tonaudiogramm.....	25
Tab. 3:	Tabelle zur Ermittlung des MdE-Grades (entspricht GdS-Grad) aus den Schwerhörigkeitsgraden beider Ohren aus Feldmann (2006; S.391).....	27
Tab. 4:	Allg. Hörprobleme .....	29
Tab. 5:	Verständnis im Hall gestört .....	29
Tab. 6:	Verständnis im Hall gestört und allg. Hörprobleme .....	30
Tab. 7:	Arbeit im Lärm .....	30
Tab. 8:	Übersicht über audiometrische Testverfahren .....	31
Tab. 9:	Verteilung der Diagnosen der Ohren in der Gesamtgruppe .....	31
Tab. 10:	Sauer-Test bei Kontrollpersonen .....	36
Tab. 11:	Audiometrische Testverfahren bei Subgruppe 1 .....	50
Tab. 12:	Vergleich Mediane Subgruppe 1 mit Gesamtkollektiv .....	50
Tab. 13:	Veränderungen des GdS-Wertes im Gesamtkollektiv (n=103) .....	52
Tab. 14:	Verteilung der Diagnosen der Ohren in der Subgruppe 1 .....	56
Tab. 15:	Audiometrische Testverfahren bei Subgruppe 2 .....	57
Tab. 16:	Verteilung der Diagnosen der Ohren in der Subgruppe 2 .....	57
Tab. 17:	Vergleich Mediane Subgruppe 2 mit Gesamtkollektiv .....	58
Tab. 18:	Übersicht über Veränderungen des GdS-Wertes .....	59
Tab. 19:	Übersicht der audiometrischen Untersuchungen der Hochton-schwerhörigen Ohren.....	61
Tab. 20:	Tonschwellenaudiometrisch bestimmte Hörschwellen der Patienten mit Hochton-Schwerhörigkeit (n = 66, 131 Ohren) SD = Standardabweichung. Alle Angaben in dB.....	62
Tab. 21:	Übersicht der audiometrischen Untersuchungen der pankochleär-schwerhörigen Ohren .....	62
Tab. 22:	Ton schwellenaudiometrisch bestimmte Hörschwellen der Patienten mit pancochleärer Schwerhörigkeit (n = 12, 24 Ohren). SD = Standardabweichung. Alle Angaben in dB.....	63
Tab. 23:	Vergleich der Mediane von prozentualem Hörverlust rechts (r) bzw. links (l) sowie des GdS ohne und mit Berücksichtigung des Sauer-Tests. p-Wert entsprechend dem Mann-Whitney-U-Test (Signifikanzniveau 0,05). .....	64

# 1 Einleitung

## 1.1 Lärmschwerhörigkeit

In unserer technisierten Welt sind hohe Lärmpegel in allen Lebens- und Arbeitsbereichen üblich. Lärm verursacht nicht nur Gehörschäden und erhöht die Unfallgefährdung, sondern gefährdet generell die Gesundheit von Personen im Arbeitsbereich, im Haushalt und in der Freizeit. Lärm ist einer der wesentlichen Belastungsfaktoren im Betrieb und Büro, der insbesondere durch die Einführung der Informationstechnologie in Dienstleistung und Fertigung die Arbeitstätigkeit erheblich beeinträchtigt. Der Lärm am Arbeitsplatz ist seit Jahren ein bedeutendes sozialpolitisches Problem. Im Jahr 2004 gab es allein in den alten Bundesländern 10837 angezeigte Fälle, davon wurden 6798 anerkannt (*Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit 2004, BMAS*). In Deutschland sind derzeit etwa fünf Millionen Arbeitnehmer gesundheitsgefährdendem Lärm ausgesetzt (*Gehörschäden durch Lärmbelastungen in der Freizeit, Deutsches Ärzteblatt, 16, 1999*). Europaweit sind ca. 25 bis 30 Millionen Arbeiter in einer Umgebung mit überlauten Lärmpegeln beschäftigt (*Kowalska et al, 1997*). Außerberuflich kommt die wachsende Anzahl von Lärmexpositionen hinzu, welche durch Freizeitaktivitäten verursacht werden. Letztere betreffen nicht nur Erwachsene, sondern auch Säuglinge, Kleinkinder, Schulkinder und Jugendliche (*Plontke et al, 2004*).

Lärm kann zu einem (Ge-)Hörschaden mit vorübergehendem oder dauerndem Hörverlust und/oder Ohrgeräuschen (Tinnitus) führen (*Gehörschäden durch Lärmbelastungen in der Freizeit, Deutsches Ärzteblatt, 16, 1999*). Im Tonaudiogramm wird ein lärminduzierter Hörverlust durch eine Verschlechterung der Hörschwelle (Hörschwellenabwanderung) sichtbar. Als Ursachen für die Entwicklung einer Lärmschwerhörigkeit kommen Dauerlärm, Impulslärm, Knall- und Explosionstraumata sowie der akustische Unfall in Frage. Für die Entwicklung eines Hörschadens lässt sich sagen, dass bei Dauerbelastung mit Lautstärken unter ca. 80 – 85 dB(A) in der Regel keine Lärmschädigung des Gehörs auftritt. Wenn man Lautstärken oberhalb 130 - 140 dB(A) ausgesetzt ist, können diese innerhalb kürzester Zeit zur Ertaubung führen (*Berghaus et al, 1996*). Ward (1993) fasst dieses Thema wie folgt zusammen: Dauerlärmbelastung oberhalb 80 dB(A) verursacht einige Veränderungen der Hörschwelle, oberhalb 105 dB(A) ist es sicher, dass ein Hörschaden bei ungeschützten Ohren entsteht. Die heute geltende „kritische Intensität“ von 85 dB(A) kann nach

heutigen Kenntnissen und Erfahrungen als ein sicherer Grenzwert angesehen werden, der auch einen gewissen Sicherheitsabstand einschließt (*Dieroff, 1994*). Bedeutende Kriterien bei der Ausbildung einer Lärmschädigung sind Schalldruckpegel, Pegelanstieg, Expositionszeit sowie eine individuelle Empfindlichkeit, die sogenannte Vulnerabilität des Innenohrs (*Plontke et al, 2004*). Übergänge zwischen akuten (Betriebsunfall) und chronischen (Berufserkrankung) akustischen Traumen sind nicht selten (*Berghaus et al, 1996*). Dabei ist klar, je länger die Lärmexposition anhält und je höher der Lärmpegel ist, desto größer ist die Schädigung (*Dieroff, 1994*). Allerdings bestehen große interindividuelle Differenzen der Schädigung aufgrund unterschiedlicher Vulnerabilität der Innenohren (*Stellungnahme des Wissenschaftlichen Beirates, 1999*), so dass verallgemeinernde Aussagen nur schlecht gemacht werden können. Als besonders schädlich gelten hohe Frequenzen. Bei Einwirkung reiner Töne oder Schmalbandgeräusche tritt das Maximum der Schädigung eine halbe Oktave oberhalb der Tonfrequenz ein (*Feldmann, 2001*). Das heißt also bei einer Belastung des Ohres bei 2000 Hz wird sich das Maximum der Schädigung bei 3000 Hz bilden. Impulslärm kann zu ausgeprägteren Läsionen des Innenohres führen als Dauerlärm (*Dieroff, 1997*). Von Impulslärm spricht man bei Lärm mit Schalldruckspitzen, die sich deutlich vom übrigen Geräuschpegel abheben (z.B. Schreibmaschine, Hämmern, Schlaggeräusche).

Die Zerstörungen im Innenohr zeigen das allmähliche Fortschreiten mit zunehmender Beschallungszeit in sehr charakteristischer Weise. Dabei kann man audiometrisch entsprechend der primären Zerstörung der äußeren Haarzellen vorwiegend um 4 und 6 kHz ein positives Recruitment verifizieren, das mit zunehmender Expositionsdauer infolge der einsetzenden Zerstörung der inneren Haarzellen, Hörnervenfaser und Ganglienzellen verschwindet (*Wagemann 1961, Dieroff 1976*). Letzten Endes werden entsprechend der Expositionszeit alle Anteile des Innenohrs einschließlich des Hörnervs geschädigt (*Dieroff, 1994*).

Es besteht die Vermutung, dass beim chronischen akustischen Trauma die Kerne der äußeren Haarzellen nicht primär geschädigt werden, sondern sekundär durch zu geringen Nachschub an Atmungsenzymen. Es liegt somit ein gesteigerter, schwer zu kompensierender Stoffwechsel unter der Beschallung vor. Sobald eine zu hohe Intensität oder eine zu lange Einwirkungsdauer zu einem unphysiologischen Enzymverbrauch geführt haben, treten regelrechte Ernährungsstörungen an den Haarzellen auf, die bleibende Schäden hinterlassen können (*Dieroff, 1994*). Die Erhöhung des Sauerstoffpartialdruckes als eine mögliche daraus resultierende Therapie,

konnte allerdings keine eindeutigen Behandlungserfolge erzielen (*Axmann und Klemm, 1988*). Zu Beginn der Erkrankung zeigt sich unmittelbar nach der Lärmexposition eine vorübergehende Schwellenverschiebung (temporary treshold shift), die wahrscheinlich eine mechanisch induzierte Reaktion des Cortischen Organs widerspiegelt. In der Regel bildet sich diese aber in Ruhe wieder vollständig zurück. Bei weiterer dauerhafter Lärmexposition geht die vorübergehende Form dann in eine dauerhafte Schwellenverschiebung (permanent treshold shift) über (*Berghaus et al, 1996*).

Das klinische Bild der Lärmschwerhörigkeit zeigt sich vor allem im Audiogramm. Meistens in Form einer auf beiden Ohren nahezu symmetrischen Hochtonsenke um 4000 – 6000 Hz. Bei Fortschreiten der Erkrankung dehnt sich die Senke weiter aus bis zum völligen Abfall in den höheren Frequenzen (Steilabfall). Die ursprüngliche Senke ist dann meist nicht mehr zu erkennen. Möglich ist auch das Bild eines Schräg- oder Diagonalabfalls, wenn auch tiefe und vor allem mittlere Frequenzen betroffen sind, was jedoch eine Rarität darstellt. Das Sprachverständnis ist in Ruhe, je nach Ausprägung des Hörverlustes, nicht beeinträchtigt. Bemerkbar macht sich der Hörverlust meist erst beim Verstehen von Sprache in lauter Umgebung. Zunächst ist das Verständnis von Flüstersprache und später, wenn auch zunehmend mittlere Frequenzen betroffen sind, dann auch von Umgangssprache eingeschränkt (*Dieroff, 1994; Lehnhardt et al, 2001*). Die Patienten klagen vorwiegend über Probleme bei der Verständigung bei Nebengeräuschen oder bei der Kommunikation mit mehreren Personen. Auch das Verständnis im Hall (z.B. Kirche oder Konzertsaal) erweist sich häufig als schwierig. Die Kommunikation mit Einzelpersonen ist bei deutlicher und lauter Aussprache meist möglich. Das Verhalten des Reintongehörs gibt dem Arzt die Möglichkeit, den beginnenden, für den Betroffenen zu diesem Zeitpunkt meist belanglosen, lärmbedingten Hörschaden zu registrieren und zu verfolgen. Wenn die Schädigung das Hauptsprachgebiet erreicht, beginnt der Patient auf den Schaden aufmerksam zu werden. Für die Festlegung der sozialen Hörfähigkeit ist daher einzig und allein das Sprachgehör von ausschlaggebender Bedeutung. (*Dieroff, 1994*). Häufig kommt zur Schwerhörigkeit im Bereich der maximalen Schädigung des Innenohrs noch ein Tinnitus im 4 – 6 kHz Bereich hinzu. Neben den hörbedingten Symptomen können Herz-Kreislauf-Erkrankungen infolge chronischer Lärmeinwirkung auftreten. Lärmbedingte vegetative Störungen sind bis heute allerdings immer noch schwer erfassbar und daher auch noch wenig erforscht. Neben Blutdruckanstieg kann es auch zu Anstieg des Gesamt-Cholesterins, der Triglyceride und der Blutviskosität kommen.

Möglich sind auch psychosomatische Störungen, wie z.B. Schlafstörungen. Lärmbelastung regelt das autonome Nervensystem auf einen höheren ergotropischen Pegel und muss daher als Stressor gewertet werden (*Berghaus et al, 1996*).

### **1.1.1 Begutachtung der Lärmschwerhörigkeit**

Da es sich bei den Patienten mit Lärmschwerhörigkeit dieser Studie vorwiegend um Gutachtenpatienten handelt, soll hier kurz auf die Begutachtung von Lärmschwerhörigkeit eingegangen werden.

Ein Teil ärztlicher Aufgabe besteht darin, nötigenfalls gutachterlich zu Krankheitsbildern des Fachgebietes Stellung zu nehmen. Dabei muss das wissenschaftliche und medizinische Wissen in einen nachvollziehbaren Zusammenhang zu rechtlichen Fragestellungen und Beurteilungskriterien gebracht werden. Gegenstand der ärztlichen Begutachtung ist es, festzustellen, welche Körperschäden vorliegen, ob diese mit dem angeschuldigten Ereignis in Zusammenhang stehen und wie hoch der Körperschaden zu bemessen ist. Im Rahmen der Berufskrankheiten muss der Ursachenzusammenhang zwischen Körperschaden und berufstypischer schädlicher Einwirkung hergestellt werden (*Feldmann, 2006*).

Das Ausmaß des Körperschadens wird in der gesetzlichen Unfallversicherung durch den abstrakten Begriff des Grades der Schädigungsfolgen (GdS) bemessen. Dieser Begriff löste 2007 den Begriff der Minderung der Erwerbsfähigkeit (MdE) ab. Durch die Änderung des Begriffs soll deutlicher als zuvor zum Ausdruck gebracht werden, dass zwischen der auszugleichenden Schädigung und dem zu entschädigenden Gesundheitsschaden eine ursächliche (kausale) Beziehung bestehen muss (*Bundesrat, 2007*). Der bisherige Begriff der MdE habe laut Bundesrat den Anschein erweckt, dass sich die Bewertung der gesundheitlichen Schädigung allein oder überwiegend nach deren Auswirkungen auf die Arbeitsfähigkeit oder die Erwerbsaussichten der Beschädigten richte (*Bundesrat, 2007*). Der Gesetzgeber hat betont, dass mit der Neufassung keine Schlechterstellung verbunden sein soll. Auch soll es aufgrund dessen nicht zu Neufeststellungsverfahren kommen (*Bundesrat, 2007*).

Der Verdacht auf eine anzeigepflichtige Lärmschwerhörigkeit ist begründet, wenn der Versicherte eine Reihe von Jahren unter Lärmbedingungen (Beurteilungspegel mindestens 90 dB oder mehrere Jahre mindestens 85 dB) tätig war, die Hörfunktionsstörung dem Bilde einer Innenohrschwerhörigkeit entspricht und im

Tonschwellenaudiogramm ein Hörverlust von mehr als 40 dB bei 2kHz auf dem besser hörenden Ohr besteht (also im versicherungs-rechtlichen Sinne erheblich ist) (*gemäß Empfehlungen der staatl. Gewerbeärzte und HNO-Ärzte*). Reine Hochtonverluste ohne nennenswerte Auswirkungen auf den Sprachbereich sind nicht anzeigepflichtig.

Im „Königssteiner Merkblatt“ haben Audiologen in Zusammenarbeit mit dem Berufsgenossenschaftlichen Forschungsinstitut für Lärmbekämpfung und dem Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Empfehlungen für die Begutachtung der beruflichen Lärm-schwerhörigkeit erarbeitet, die dem jeweiligen Stand der Wissenschaft und der praktischen Erfahrung angepasst werden soll. Die dort enthaltenen Tabellen zur Einschätzung des GdS bzw. MdE sind allgemeine Richtwerte und dürfen nicht schematisch angewendet werden. Entscheidend für den Vorschlag zur Höhe des GdS ist, in welchem Umfang dem Versicherten der allgemeine Arbeitsmarkt verschlossen ist (*Feldmann, 2006*).

Für eine angemessene Begutachtung sind, gemäß *Königssteiner Merkblatt*, die folgenden Untersuchungen erforderlich:

Eigen- und Familienanamnese, sowie Arbeitsanamnese, Spiegeluntersuchung einschl. Prüfung der Beweglichkeit der Trommelfelle und der Tubendurchgängigkeit, Stimmgabelprüfung, Tonschwellenaudiometrie, mindestens zwei überschwellige Testmethoden zur Differentialdiagnose, Sprachaudiometrie, Hörweitenprüfung und Prüfung auf Spontan- und Provokationsnystagmus. Röntgenuntersuchungen sollen nur bei spezieller Indikation vorgenommen werden. Bei Verdacht auf Simulation sollten zusätzlich Simulationstests wie z.B. akustisch evozierte Potentiale oder otoakustische Emissionen durchgeführt werden.

Der Funktionsverlust soll in Form des prozentualen Hörverlustes (für jedes Ohr) angegeben werden, aus dem sich dann der GdS-Vorschlag (für beide Ohren) ableiten lässt. Der GdS wird ohne die eventuell lindernde Wirkung eines Hörgerätes geschätzt.

Alterskorrekturen werden bei Personen, die noch unter Lärmbedingungen arbeiten, nicht vorgenommen. Wenn die Lärmarbeit bereits einige Jahre zurückliegt oder der augenblickliche Hörverlust den zu erwartenden Altersverlust nicht übersteigt, ist eine Alterskorrektur jedoch zu berücksichtigen (*Feldmann, 2006*).

Grundvoraussetzung für die Anerkennung einer beruflichen Lärmschwerhörigkeit ist eine ausreichende (mindestens 85dB) Lärmbelastung am Arbeitsplatz. Daher sind

Lärmmessungen am Arbeitsplatz durch den technischen Aufsichtsdienst unbedingt erforderlich (Feldmann, 2006). Ein GdS im Rahmen der gesetzlichen Unfallversicherung kommt erst ab 20% zur Auszahlung. Der ärztliche Gutachter kann nur ein GdS-Maß vorschlagen, die rechtsverbindliche Anerkennung erfolgt dann vom Versicherungsträger.

## **1.2 Innenohrschwerhörigkeit**

Bei Innenohrerkrankungen kann man allgemein zwischen Erkrankungen der Cochlea und Erkrankungen des Gleichgewichtsorgans unterscheiden.

Erstere, die im Folgenden genauer erläutert werden sollen, führen zum sogenannten sensorineuralen Hörverlust (Schallempfindungsstörung). Störungen des Gleichgewichtsorgans verursachen Schwindel. Tinnitus tritt als häufiges Begleitsymptom auf, kann aber auch einzeln auftreten. Man kann zwischen angeborenen und erworbenen Störungen unterscheiden. Die häufigsten Ursachen für eine erworbene Hörstörung sind ein akustisches Trauma, die Lärmschwerhörigkeit, die Altersschwerhörigkeit (Presbyakusis), bakteriell oder viral (v.a. Zoster oticus) bedingte Entzündungen des Innenohres und der Hörsturz (plötzliches einseitiges Auftreten einer Hörstörung). Außerdem ist eine medikamentös-toxische Schädigung möglich.

Meist zeigen sich Innenohrerkrankungen in einem langsam progredienten Verlauf (meist irreversibel und somit nicht effektiv therapierbar), wie es z.B. für hereditäre Ursachen oder die Presbyakusis typisch ist. Sie können schleichend einsetzen und der Patient kann sich an den Beginn der Erkrankung meist nicht erinnern. Möglich ist auch, dass die Erkrankung schubweise auftritt. Auch ein fluktuierender Verlauf ist möglich (Berghaus et al, 1996; Hempel, 2002, Probst et al, 2004).

Es gibt aber auch die Möglichkeit des plötzlichen Auftretens, z.B. beim Hörsturz oder dem Knalltrauma. Die vollständige Ertaubung tritt häufiger bei akuten Erkrankungen auf. Tritt sie allerdings bei der chronischen Form auf, so ist ihre Prognose weitaus ungünstiger als bei der akuten (Probst et al, 2004; Berghaus et al, 1996).

Pathophysiologisch ist die cochleäre Schwerhörigkeit noch nicht vollständig aufgeklärt (Lehnhardt et al, 2000). Die Presbyakusis beispielsweise ist multifaktoriell bedingt. Die genetische Komponente macht 50 % aus. Hinzu kommen Belastungen wie Lärm

(häufig), ototoxische Medikamente, Schadstoffe (z.B. Benzole) aber auch arteriosklerotische Veränderungen (*Berghaus et al, 1996*).

### **1.2.1 Audiologisches Bild der Innenohrschwerhörigkeit**

Bei der weiteren diagnostischen und differentialdiagnostischen Abklärung, wird der Audiometrie eine entscheidende Rolle zuteil.

Wichtigstes Merkmal einer Innenohrschwerhörigkeit ist, dass bei der Schwellenbestimmung die Werte für Knochen- und Luftleitung übereinstimmen. Somit liegt keine Störung der Schalleitung vor und eine Mittelohrschwerhörigkeit kann ausgeschlossen werden.

Hierbei kann man aber noch nicht entscheiden, ob der Schaden im Innenohr, im Hörnerven oder in den zentralen Hörbahnen liegt. So empfiehlt es sich zunächst nur von Hochton-, Mittelton- oder Tieftonschwerhörigkeit zu sprechen, da hierbei keine Präjudiz des Entstehungsortes vorgenommen wird (*Lehnhardt et al, 2000*).

Meistens handelt es sich bei der Lärmschwerhörigkeit um einen Hochtonabfall, da im Hochtonbereich die Hörschwelle für Luft- und Knochenleitung in der Regel als erstes und am ausgeprägtesten erhöht ist (*Lehnhardt et al, 2000*).

Die Impedanzaudiometrie ist normal (DD: Schalleitungsschwerhörigkeit). Da die Funktion der Cochlea gestört ist, fehlen in der Regel otoakustische Emissionen.

Das Sprachverständnis ist gestört, v.a. bei Nebengeräuschen. Es besteht ein Diskriminationsverlust für Sprache, d.h. das Verständnis von Sprache ist gestört. Bei höheren Lautstärkepegeln kann dieses sogar noch weiter abnehmen.

### **1.2.2 Hochtenschwerhörigkeit**

Bei der Hochtenschwerhörigkeit sind die Haarzellen an der Schneckenbasis betroffen. Der Hörverlust nimmt oberhalb einer Grenzfrequenz unterschiedlich stark zu. Man spricht dann von Hochtonsteil- oder Hochtenschragabfall. Das Anfangsstadium einer Hochtenschwerhörigkeit, meist nach chronischer oder akuter Lärmexposition, besteht meist aus einer Hochtonsenke. Häufig liegt dabei der maximale Hörverlust bei 4000 Hz. Die Senke kann unterschiedlich geformt sein. Ihr Tiefpunkt variiert zwischen 3000 und 6000 Hz (*Lehnhardt et al, 2000*). Die Senke bei 4000 Hz wird auch als c5-Senke

bezeichnet, die Senke bei 6000 Hz fis5-Senke (Tonotopie der Cochlea). Hält die Schädigung weiter an, so flacht die Kurve zunehmend ab (oberhalb 4000 Hz) und es zeigt sich das Bild eines Hochtonabfalls. Diese Art der Schädigung ist, wie schon besprochen, typisch für die Lärmschwerhörigkeit.

Weitere Ursachen für eine Hochtonschwerhörigkeit können Knall- oder Explosionstraumen sein. Hier bildet sich aber meist weniger eine Senke aus und es kann neben dem Hochtonabfall auch zu Mittelton- und Tieftonschwerhörigkeit kommen, die bis zur Taubheit führen können (*Lehnhardt et al, 2000*).

Auch bei entzündlichen Mittelohrkrankheiten oder bei ototoxischen Medikamenten (z.B. Streptomycin, Cisplatin) kann es zu einer Hochtonschwerhörigkeit kommen, ebenso bei einigen angeborenen Erkrankungen und der Altersschwerhörigkeit (Presbyakusis). Letzteres erweist sich als besonders problematisch, da durch die Hochtonschwerhörigkeit die Sprach-verständlichkeit zunehmend erschwert wird und aber auch mit zunehmenden Alter die zentrale Verstehensleistung immer geringer wird, d.h. die mögliche Kompensation der Schwerhörigkeit immer schwieriger wird (*Lehnhardt et al, 2000, Berghaus et al, 1996*). Aufgrund der unterschiedlichen Ursachen ist eine Verlaufsprognose der Schwerhörigkeit allein durch die Audiometrie nicht möglich.

Sonderfall des Hochtonabfalls sind Hochtonschräg- und Hochtondiagonalabfall. Sie können entweder den fortgeschrittenen Verlauf eines Steilabfalls darstellen oder von Anfang an diesen Verlauf zeigen. Dann ist ihre Ursache jedoch meist endogen und in der Regel sind beide Ohren gleichermaßen betroffen. Auch chronisch-degenerative Innenohrschwerhörigkeiten zeigen dieses audiologische Bild. Als Ursache vermutet man hier Mangeldurchblutungen des Innenohres (*Lehnhardt et al, 2000*).

### **1.2.3 Mitteltonschwerhörigkeit**

Charakteristisches Bild der Mitteltonschwerhörigkeit sind Mitteltonsenken oder –mulden, deren Kurvenverlauf konkav ist. Die Funktionsstörung auf der Basilarmembran ist insbesondere in der mittleren Windung zu vermuten (*Lehnhardt et al, 2000*). Auffällig ist eine ausgeprägte Seitengleichheit. Die Befunde differieren in den einzelnen Frequenzen oft um nicht mehr als 5 dB. Diese Form der Schwerhörigkeit ist in der Regel anlagebedingt und familiär vererbt. Als prognostisches Kriterium gilt daher der

Verlauf der Schwerhörigkeit bei älteren, gleichermaßen betroffenen Familienmitgliedern (*Lehnhardt et al, 2000*).

#### **1.2.4 Tiefton- und pantonale Schwerhörigkeit**

Diese beiden Formen der Schwerhörigkeit kann man als Einheit auffassen, da sich der Flachverlauf der pantonalen Schwerhörigkeit meist aus einer anfänglichen Tieftonschwerhörigkeit entwickelt. Die Schädigung der Haarzellen liegt bei dieser Form meist apicochleär, also in der Spitzenwindung (*Lehnhardt et al, 2000*). Im Audiogramm liegt die Schwellenkurve bei den tiefen Frequenzen (0,125 – ca.1,5 kHz) ungefähr zwischen 40 und 50 dB und steigt dann aber wieder bei den mittleren und hohen Frequenzen an. Bei der pantonalen (oder pancochleären) Schwerhörigkeit sind auch mittlere und hohe Frequenzen betroffen, so dass sich im Extremfall eine nahezu horizontale Schwellenkurve bilden kann (*Lehnhardt et al, 2000*). Meist ist die Tieftonschwerhörigkeit, wie auch die Hochtonschwerhörigkeit, mit Ohrgeräuschen in den entsprechenden Frequenzen kombiniert, wodurch der Hörverlust subjektiv noch verstärkt werden kann. Eine Tieftonschwerhörigkeit ist relativ häufig, zumindest partiell, rückbildungsfähig. Je länger sie jedoch anhält, umso größer ist die Gefahr der Ausbildung einer pantonale Schwerhörigkeit (*Lehnhardt et al, 2000*).

Häufigstes Beispiel ist der Morbus Menière. Akut kommt sie jedoch vor allem beim Hörsturz vor. Als weitere Ursachen kommen hier vor allem retrocochleäre und neurale Störungen, wie zum Beispiel die Multiple Sklerose oder das Vestibularisschwannom in Frage.

### **1.3 Ziel der Studie**

Der heutige Wandel unserer Gesellschaft weg von einer Industriegesellschaft immer mehr hin zu einer Dienstleistungsgesellschaft, fordert auch einen stetigen Wandel der Begutachtungsleitlinien. Das Ziel des Gutachtens ist es, eine möglich optimale Aussage über die Leistungsfähigkeit des Hörvermögens im täglichen Leben zu machen.

In der Bundesrepublik Deutschland dient hierbei die Königsteiner Empfehlung (vormals „Königsteiner Merkblatt“), ausgestellt vom Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitssicherheit, als Leitlinie. Der sprachaudiometrische Befund bildet die wichtigste Grundlage für die Bewertung des GdS. Der Sprachtest wird monaural über Kopfhörer

mittels des Sprachverstehens für Zahlwörter und Einsilber des Freiburger Inventars durchgeführt (also im störpegelfreien Raum).

Es bestehen allerdings Zweifel, ob dieses Vorgehen eine ausreichende Einschätzung des Hörvermögens erlaubt. Der Mensch ist in der Regel Geräuschen ausgesetzt, aus denen er beidohrig Informationen heraushören muss. Es gibt viele Personen, die über große Schwierigkeiten beim Hören bei gleichzeitigem Störgeräusch klagen. Das hat nicht nur Auswirkungen auf die zwischenmenschliche Kommunikation, sondern auch z.B. auf die eigene und die allgemeine Sicherheit im Verkehr. In der heutigen Begutachtungspraxis fehlt derzeit noch eine solche Messung im Störgeräusch. In der ehemaligen DDR war zusätzlich ein beidohriger Zahlentest bei 70 dB Störgeräusch (BZT, „Sauer-Test“), Standard in der Begutachtung und floss in die Ermittlung des Körperschadens mit ein.

In dieser Studie wurde untersucht, ob und in welchem Ausmaß sich der Grad der Schädigungsfolgen (GdS) unter Einbeziehung des BZT ändert. Und ob es zu unterschiedlichen Auswirkungen bei Patienten mit hochton- und pancochleären Schwerhörigkeiten kommt. Dabei wurden unterschiedliche Patientengruppen (Hochtonhörverlust, pancochleärer Hörverlust) gebildet, um einen möglichen Einfluss des Sprachmaterials auf den Hörverlust zu ermitteln.

## **2 Material**

Alle audiometrischen Untersuchungen wurden in den geeichten Audiometrieräumen mit niedrigem Störpegel und Nachhall der Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde der Ludwig-Maximilians-Universität München (Campus Großhadern) durchgeführt.

### **2.1 Audiometer**

AT-330 – Auritec, Deutschland

AT-900 – Auritec, Deutschland

### **2.2 Verstärker**

20 Hz-20 kHz, 1 Watt, 600 Ohm,

Institut für Elektrotechnik der TU München, Deutschland

Nummer V 92 (links)

Nummer V75 (rechts)

### **2.3 Freifeldentzerrer**

Eingang 600 Ohm, Ausgang 5 Ohm

Institut für Elektrotechnik der TU München, Deutschland

Nummer F 242

### **2.4 Doppel-Eichleitung**

0...51 dB, 600 Ohm,

Institut für Elektrotechnik der TU München, Deutschland

Nummer E 56

## **2.5 Kopfhörer**

Beyer Dynamic DT 48, 5 Ohm

## **2.6 Boxen**

Tannoy Active System 800 ALH, 220/240 V

## **2.7 PCs**

Peacock Pentium

Dell Pentium, XPS

## **2.8 Software**

Microsoft Excel, 2005-2010

Microsoft Word, 2005-2010

SPSS 12.0.1 bzw. 15.0 und Smart Viewer für Windows 98/ME/NT/2000 und XP

## **2.9 Hörtest-Compact Discs**

Freiburger Zahlen und Wörkertest nach DIN 45 621 und DIN 45 626 und verbesserte Neuaufsprache 1976 mit kurzen Pausen, Westra Electronic GmbH, Wertingen, Deutschland

Betellnummer: 18082050

Beidohriger Zahlentest im Störgeräusch nach Sauer, Westra Electronic GmbH, Wertingen, Deutschland

Bestellnummer: 18082307

Freiburger Zahlen- und Wörkertest nach DIN 45621 sowie 3fach wiederholte Testwörter der DIN 45621 mit Störgeräusch nach Prof. Dr.-Ing. H. Fastl, Institut für Elektroakustik

der TU München, Linker Kanal (Kanal 2) Störgeräusch nach Prof. Dr.-Ing. H. Fastl,  
Westra Electronic GmbH, Wertingen, Deutschland

Bestellnummer: 18082306

## **3 Methoden**

### **3.1 Patientengut**

Es wurden insgesamt 125 Personen in die Studie einbezogen. 103 Patienten die in der Anamnese subjektive Beschwerden beim Hören bei Nebengeräuschen oder im Störgeräusch angaben, sowie 22 Kontrollpersonen, die altersentsprechend und normalhörend waren.

Alle Personen wurden zu Hörproblemen bei Nebengeräuschen, allgemeinen Hörproblemen und Verständigungsschwierigkeiten, sowie Verständnisproblemen im Hall befragt. Zudem wurde anamnestisch nach einer derzeitigen oder zurückliegenden Lärmexposition gefragt.

Bei allen Personen wurden folgende audiometrische Verfahren durchgeführt: Hörschwellenmessung, Sprachaudiometrie (Freiburger Sprachverständlichkeitstest), Freifeldmessung mit und ohne Störgeräusch und der Sauer Test (beidohriger Zahlentest im 70 dB Störgeräusch). Anschließend wurden für alle Personen der Hörverlust rechts und links jeweils mit und ohne Sauer-Test errechnet und schließlich die jeweiligen GdS-Werte mit und ohne Sauer-Test abgelesen.

### **3.2 Tonschwellenbestimmung**

Die Hörschwellenaudiometrie oder Tonschwellenbestimmung ist die häufigste und wichtigste Hörprüfung zum qualitativen und quantitativen Nachweis einer Hörstörung. Das Ausmaß des Hörverlusts wird im Tonaudiogramm mit Kopfhörer für Luftleitung und Knochenhörer für Knochenleitung der jeweiligen Frequenz bestimmt.

Bei der Bestimmung der Luftleitungsschwelle wurde die zu untersuchende Person angewiesen, kurz auf die Taste in ihrer Hand zu drücken, sobald sie den dargebotenen Ton gerade eben hört. Dann wurde aus dem unhörbar Leisen in mittlerer Geschwindigkeit die Lautstärke gesteigert, bis die Person den Knopf drückt. Der Ton wurde dann umgehend unterbrochen und die Lautstärke herunterreguliert bis sie nicht mehr gehört wird. Anschließend wurde die Lautstärke sofort wieder gesteigert, bis die Person erneut ein Hören des Tones signalisiert. Je öfter das Steigern der Lautstärke wiederholt wurde, umso langsamer wurde dies durchgeführt. Nach zwei bis drei Wiederholungen bekommt man einen Eindruck von der Reaktionsgeschwindigkeit des

Patienten und von der Lage seiner Hörschwelle. Als Schwelle gilt schließlich die Lautstärke, bei der während des Auftauchens aus dem unhörbar Leisen konstant Hören angegeben wird (*Lehnhardt et al, 2001; Mrowinski et al, 2002*).

Es wurde mit einem Ton im mittleren Frequenzbereich (1000 Hz) begonnen, da die Angaben in dieser Tonhöhe den Patienten in der Regel die geringsten Schwierigkeiten bereiten. Anschließend wurde auf die tiefen Frequenzen übergegangen, um den Patienten best-möglichst in den Messvorgang einzugewöhnen. Zum Schluss wurden die Töne oberhalb 1000 Hz gemessen.

Nach der Messung der Luftleitungsschwelle, wurde mit der Messung der Knochenleitungsschwelle fortgefahren. Diese wurde auf dem Planum mastoideum durchgeführt. Die Patienten wurden angewiesen, den Knochenleitungshörer selber zu halten und während der Tongebung mit dem Hörer kleine Kippbewegungen auszuführen. Dadurch wurde der für die Knochenleitung günstigste Punkt gefunden. Der Knochenleitungshörer versetzt Schädelknochen und Weichteile in Schwingung. Dadurch kommt es zu einer Schallübertragung in das Innenohr (*Lehnhardt et al, 2001*). Wie bei der Luftleitung wurden die zu untersuchenden Personen angewiesen, durch Drücken eines Signalknopfes anzugeben, wann der Ton als erstes wahrgenommen wird. Begonnen wurde ebenfalls bei 1000 kHz, gefolgt vom Tieftonbereich und schließlich den Tönen oberhalb 1000 kHz.

Ein unerwünschtes Hören des Prüftons auf dem Gegenohr erfolgt über Knochenleitung. Dies wird als „Überhören“ bezeichnet. Dabei kann der Prüfton immer nur auf dem Ohr mit der besseren Innenohrfunktion übergehört werden. Oberhalb bestimmter Lautstärken ist es dann nicht mehr möglich, jeweils nur ein Ohr allein zu erregen (*Lehnhardt et al, 2001*). Zum Vermeiden des „Überhörens“ muss vertäubt werden. Dabei wurde die Hörschwelle des Gegenohrs durch ein über Luftleitungshörer dargebotenes Geräusch verschlechtert. Es wurden hauptsächlich schmalbandige Geräusche eingesetzt, deren Mittelfrequenz entsprechend der Prüffrequenz geändert wurde. Bei breitbandigen Prüffreizen (z.B. Sprache), mussten breitbandige Geräusche zum Vertäuben verwendet werden (*Lehnhardt et al, 2001*).

Die Befunde wurden in ein Formular eingezeichnet. Darin ist die normale Hörschwelle als gerade Linie dargestellt. Der individuelle Hörverlust liegt unter der Referenzschwelle der Normalhörenden und beträgt 0 dB.

### 3.3 Sprachaudiometrie

Nach der тонаudiometrischen Beurteilung erfolgte die sprachaudiometrische Beurteilung. Sie gestattet Aussagen über die im täglichen Leben auftretenden auditiven Informationen (v.a. Sprache). Sprache ändert sehr rasch ihren Informationsgehalt und wird im überschwelligen Bereich wahrgenommen. Bei der Sprachaudiometrie wird daher nicht die Schwelle des Hörens sondern der Grad des Verstehens beurteilt (*Mrowinski et al, 2002*). Dieser Grad des Verstehens wird in Prozentsätzen richtig verstandener Wörter für die jeweiligen Lautstärken angegeben. Das Zahlenverstehen der jeweiligen Lautstärken wird in dB angegeben. In der sprachaudiometrischen Beurteilung spiegeln sich zusätzlich zur Leistung des peripheren Gehörs, auch höhere assoziative Fähigkeiten wider (*Lehnhardt et al, 2001*). Die zu untersuchende Person muss sich bemühen, ein Wort zu verstehen, von dem sie möglicherweise nur einzelne Sprachlaute verstanden hat. Vorhandene Sprachkenntnisse und gewisse intellektuelle Fähigkeiten sind also Voraussetzung für die Durchführung eines Sprachaudiogramms (*Lehnhardt et al, 2001*).

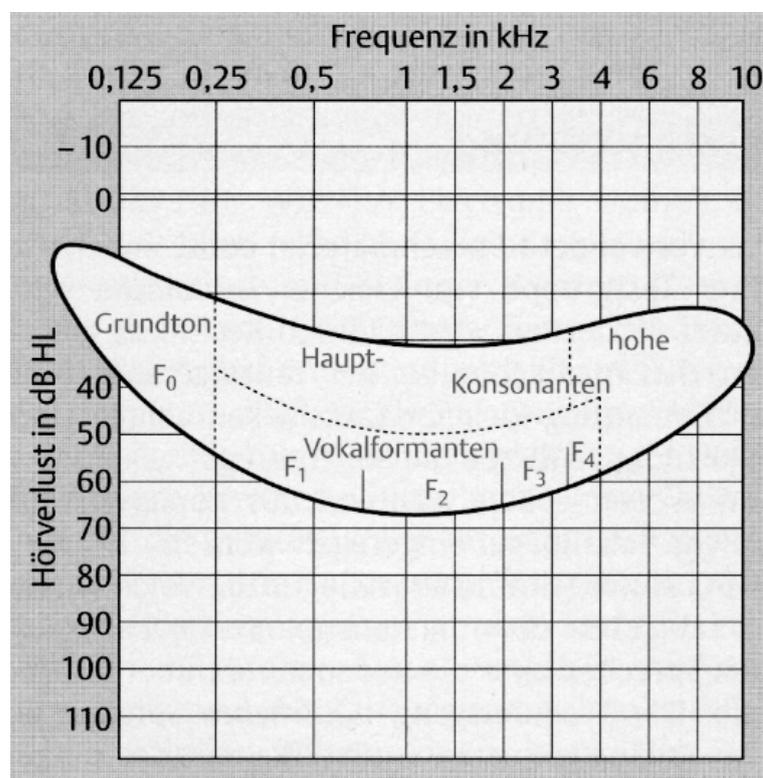


Abb. 1: Sprachfeld eingezeichnet in das Tonschwellenaudiogramm (dB HL) aus *Lehnhardt et al, 2002, S.173*

Die Vokale, wie u, o, a und e, liegen in einem Frequenzbereich von ungefähr 0,5 bis 3 kHz. Zischlaute, wie s oder t, liegen im hohen Frequenzbereich bis zu 8 kHz. Bei normaler Umgangssprache werden Vokale etwa 10 bis 20 dB lauter erzeugt als Konsonanten. 125 Hz ist ungefähr der Bereich der Stimmgrundfrequenz von Männern bzw. bei etwa 250 Hz ist der Bereich der Stimmgrundfrequenz von Frauen.

In Deutschland wird für die Sprachaudiometrie als Standard in der Regel der „Freiburger Sprachverständlichkeitstest“ (DIN 45 621) verwendet. Auch in der Studie wurde dieser Test für die sprachaudiometrische Beurteilung verwendet. Das Testmaterial des Freiburger Sprachverständlichkeitstest enthält 10 Gruppen mit je 10 zweistelligen Zahlen, sowie 20 Gruppen mit je 20 einsilbigen Wörtern.

1.	98	22	54	19	86	71	35	47	80	63
2.	53	14	39	68	57	90	85	33	72	46
3.	51	36	43	17	99	45	82	24	60	48
4.	67	81	55	13	28	92	34	70	49	76
5.	62	58	23	16	41	37	89	30	95	74
6.	32	65	83	50	91	27	18	44	79	56
7.	59	77	61	40	96	73	19	84	38	25
8.	93	78	13	66	57	39	80	75	62	24
9.	88	42	65	21	76	15	94	87	29	60
10.	31	18	64	52	97	45	30	69	26	78
1.	Ring Spott Farm Hang Geist Zahl Hund Bach Floh Lärm Durst Teig Prinz Aas Schreck Nuß Wolf Braut Kern Stich									
2.	Holz Ruß Mark Stein Glied Fleck Busch Schloß Bart Ei Werk Dach Knie Traum Paß Kunst Mönch Los Schrift Fall									
3.	Blatt Stift Hohn Zweck Aal Frucht Leim Dorf Tat Kerl Schutz Wind Maus Reif Bank Klee Stock Wuchs Mist Gras									
4.	Schnee Wurst Zahn Pest Griff Laub Mund Grab Heft Kopf Reiz Frist Drang Fuß Öl Schleim Takt Kinn Stoß Ball									
5.	Punkt Ziel Fest Darm Schein Torf Lamm Wehr Glas Huf Spind Pfau Block Arm Neid Stroh Wurf Rest Blick Schlag									
6.	Seil Pfand Netz Flur Schild Ochs Draht Hemd Schmutz Rat Tau Milch Rost Kahn Tier Brot Dunst Haar Feld Schwein									
7.	Spiel Moos Lachs Glut Erz Baum Sand Reich Kuh Schiff Wort Hecht Mann Bruch Schopf Fels Kranz Teich Dienst Star									
8.	Luft Band Kost Ski Feind Herr Pflug Tal Gift Raum Ernst Zeug Fach Groll Speck Sitz Moor Last Krach Schwung									
9.	Schmerz Thron Eis Funk Baß Rind Lehm Grog Blei Markt Schilf Hut Zank Korb Lauf Dank Sarg Kies Schnur Pech									
10.	Horn Pfeil Kamm Turm Spieß Laus Recht Zopf Schall Mais Fell Gramm Ohr Sieb Pracht Lump Gips Bad Sprung Dreck									
11.	Bild Frosch Abt Ruhm Herz Mond Garn Bau Sicht Huhn Lack Kreis Pferd Pelz Schlacht Witz Form Stuhl Teil Rand									
12.	Brett Schluß Saft Pilz Ort Kraut Schwert Tag Gleis Vieh Spalt Sohn Druck Held Bahn List Flug Narr Kork Reis									
13.	Staub Licht Tracht Herd Not Wein Fluch Kalk Biß Grund Weg Faß Schmied Roß Amt Puls Meer Graf Schweiß Dolch									
14.	Schrift Ruf Gas Wert Korn Schrei Pfahl Blech Faust Rang Lohn Nest Pult Schicht Zoll Heu Angst Brust Dieb Stand									
15.	Knecht Schaf Lust Berg Docht Zeit Schlamm Kind Preis Uhr Mai Speer Fluß Sinn Rock Haupt Gang Trieb Boot Schmalz									
16.	Bund Stiel Wachs Reim Geld Tor Duft Stück Arzt Mehl Trotz Pfad Heil Brief Sau Fracht Dung Stern Loch Maß									
17.	Fink Schlauch Reh Grad Floß Hirn Fuchs Bein Napf Teer Stolz Art Wurm Ding Trab Bett Kleid Schatz Wut Pflock									
18.	Schnitt Frau Land Helm Bock Flucht Scherz Keil Rast Gruß Wohl Plan Krieg Ast Pfiff Weib Sturm Fang Tee Mord									
19.	Frucht Schlitz See Schar Gold Leib Wunsch Fraß Stier Ton Heer Dachs Bauch Kreuz Akt Pfund Sekt Glück Molch Rad									
20.	Fleisch Welt Rohr Park Flut Gries Saum Krebs Hand Gott Schuh Film Damm Zelt Koch Hanf Leid Bier Spruch Arzt									

**Abb. 2: Freiburger Sprachverständlichkeitstest nach DIN 45621**

Mit den Zahlen wird der Hörverlust in dB und mit den Wörtern die Verständlichkeit in Prozent geprüft. Wie die тонаudiometrische Untersuchung werden dem Patienten die Zahlen oder Wörter über einen Kopfhörer vermittelt.

Die Ergebnisse wurden in ein Formular eingetragen. Der Sprachschallpegel wird in diesen Formularen an der linken senkrechten Achse in dB SPL eingetragen. Normalhörende verstehen die Hälfte aller Zahlen erst bei einem Sprachschallpegel von 18,5 dB. Alle zehn Zahlen erst bei 30 dB. 20 der angebotenen Einsilber verstehen Normalhörende erst mit 50 dB (*Mrowinski et al, 2002*). Daher sind in jedem Formular

oben zwei Bezugslinien enthalten, welche Mittelwerte für die Verständlichkeit von Zahlen und Einsilbern von Normalhörenden darstellen. Der Prozentwert der Verständlichkeit wird im Formular waagrecht von 0 bis 100 % eingetragen. Eine zusätzliche Hörverlustskala ist für die Auswertung des Zahlentests enthalten. Sprachverständlichkeit von Zahlen ist bei einem Wert von 50 % definiert, daher verläuft diese Skala senkrecht auf der Achse bei Verständlichkeit von 50%. Sie beginnt mit dem Wert 0 für Hörverlust für Zahlen in dB. Das entspricht dem Zahlenverstehen von Normalhörenden, welches wiederum 18,5 dB Sprachschallpegel entspricht (*Mrowinski et al, 2002*).

Damit geben die Zahlenwerte auf dieser Skala direkt den Hörverlust für Sprache in dB an. Der ermittelte Wert sollte mit dem Hörverlust im Tonaudiogramm zwischen 500 und 1000 Hz übereinstimmen. Man kann also sagen, dass das Sprachaudiogramm eine Kontrolle des Tonaudiogramms erlaubt (*Berghaus et al, 1996*). Zusätzlich gilt es, die maximale Sprachverständlichkeit (Diskrimination) mit Hilfe von Einsilbertests, zu bestimmen. Beim Normalhörenden beträgt sie 100 % (d.h. der minimale Diskriminationsverlust beträgt hier 0 %).

Bei der Untersuchung wurde der Zahlentest zunächst für das rechte und anschließend für das linke Ohr durchgeführt. Zunächst wurden dem Patienten um ihn einzugewöhnen, einige Zahlen über Kopfhörer ausreichend laut angeboten. Damit möglichst schnell eine mittlere Verständlichkeit erreicht werden konnte, wurde mit einem Sprachschallpegel von 20 dB über dem im Tonschwellenaudiogramm bei 500 Hz gefundenen Schwellenwert begonnen. Über einen Mithörer wurde kontrolliert, welche Zahlen von der Person richtig wiedergegeben werden. Der Person wurde jeweils eine beliebige Gruppe von Zahlen aus dem Freiburger Sprachverständlichkeitstest genannt. Das Ergebnis wurde in das Formular eingetragen. Anschließend wurde eine Pegelerhöhung von 5 dB vorgenommen und mit einer anderen Gruppe von Zahlen fortgeföhren. Das Ergebnis wurde ebenfalls protokolliert. Zwischen den Ergebnissen wurde eine Verbindungslinie gezogen. Dies wurde so oft weitergeföhrt, bis die Verbindungslinie die „Hörverlust für Zahlen-Skala“ (HVZ-Skala) schneidet. Dieser Wert entspricht dann der 50 % igen Verständlichkeit für Zahlen. Im Anschluss wurde der Einsilbertest durchgeführt. Dieser wurde mit der ersten Wortgruppe bei einem Sprachschallpegel von 60 dB begonnen. Dies führt bei Normalhörenden sofort zu einer Einsilberverständlichkeit von 100 %, da es in etwa der Lautstärke bei normaler Umgangssprache entspricht. Falls ein Hörverlust von mehr als 40 dB bei 4 kHz im

Tonschwellenaudiogramm vorlag, wurde mit einem Sprachschallpegel von 80 dB begonnen, um eine mögliche Frustration des Patienten zu vermeiden. Die Verständlichkeit wurde bei 60, 80 und 100 dB an jeweils beiden Ohren durchgeführt und in das Formular in Verständlichkeit (%) eingetragen. Da beim Einsilbertest die maximale Verständlichkeit geprüft werden soll, wurde er in der Regel erst beendet, wenn 100 % Sprachverständlichkeit erreicht wurden. Es unterblieben allerdings weitere Messungen, wenn während der Untersuchung die individuelle Unbehaglichkeitsschwelle des Patienten erreicht wurde.

Es wurde bei der Untersuchung des Zahlenverständnisses ab 70 dB und beim Einsilbertest ab 80 dB mit Breitbandrauschen vertäubt.

### **3.4 Freifeldmessung**

Hierbei handelt sich ebenfalls um eine Art der Sprachaudiometrie, die mit Wortgruppen aus dem Freiburger Sprachverständlichkeitstest durchgeführt wird. Im Gegensatz zum Einsilbertest der Sprachaudiometrie (s.o.), werden dem Patienten hier die Wortgruppen nicht über Kopfhörer sondern im „freien Feld“ (also in einem reflexionsfreien Raum) genannt. Überwiegend dient sie der Hörgeräteanpassung (*Lehnhardt et al, 2001*). Die Untersuchungen wurden ohne eventuell vorhandene Hörgeräte durchgeführt. Der zu untersuchende Proband wurde zwischen zwei Lautsprechern, jeweils im Abstand von 1 m auf einen Stuhl gesetzt. Das Gesicht des Probanden war dabei dem vorderen Lautsprecher zugewandt. Zunächst wurde dem Proband eine zufällig ausgewählte Gruppe von 20 Wörtern des Freiburger Sprachverständlichkeitstests dargeboten. Sie wurde über den, dem Probanden zugewandten Lautsprecher, bei 65 dB wiedergegeben. Das Ergebnis wurde in Prozent angegeben protokolliert. Als nächstes wurde dem Probanden eine weitere Wortgruppe des Freiburger Tests, wie vorher bei 65 dB und aus dem vorderen Lautsprecher kommend, vorgespielt. Diesmal allerdings kam aus dem zweiten Lautsprecher, der sich hinter der Person befand, ein Störgeräusch von 60 dB Breitbandrauschen hinzu. Das Ergebnis wurde ebenfalls in Prozent angegeben protokolliert.

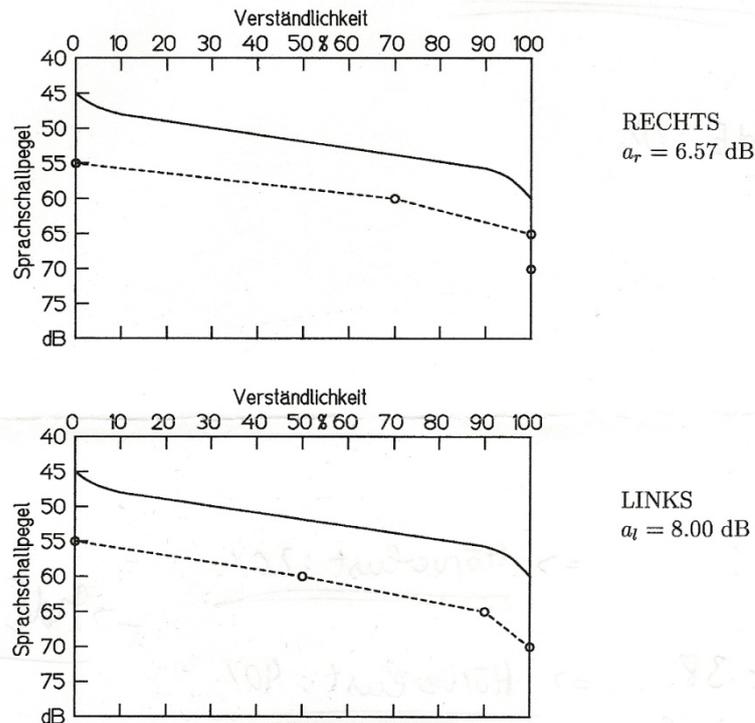
### **3.5 Beidohriger Zahlentest im 70 dB Störgeräusch (BZT) - Sauer-Test**

Entwickelt von Uwe Sauer war dieser Test fester Bestandteil bei der gutachterlichen Ermittlung des Körperschadens in der ehemaligen DDR. Laut Einigungsvertrag findet ab 01.01.1992 die Berufskrankheitenverordnung auch in den „neuen“ Bundesländern Anwendung. Daraus ergibt sich, dass sich heute die Empfehlungen zur Bewertung berufsbedingter Hörschäden durchgesetzt haben, die in den „Alt“-Bundesländern die allgemein anerkannte Grundlage darstellen. Die wohl am häufigsten genutzte Begutachtungsgrundlage ist das Königsteiner Merkblatt (KMB) bzw. seit 2012 die Königsteiner Empfehlung. Der Sauer-Test findet bei der heutigen gutachterlichen Tätigkeit keine Anwendung mehr.

Der Sauer-Test war der erstmalig im praktischen Einsatz realisierte Versuch, die besonderen Belastungen Hörgeschädigter durch Minderung des an die Funktionsfähigkeit beider Ohren gebundenen Selektionsvermögens in die Beurteilung mit einzubeziehen (*Sauer, 1992*).

Durch Messen der Verständlichkeit des Freiburger Zahlentests in einem Störgeräusch unter Berücksichtigung interauraler Laufzeit und Pegeldifferenzen ist eine Aussage über das akustische Selektionsvermögen möglich (*Sauer, 1982*).

Es wurden den Patienten über eine Seite des Kopfhörers Zahlen des Freiburger Sprachverständlichkeitstest genannt. Von der anderen Seite erhielten die Patienten ein Breitbandrauschen (über der Frequenz um 3 dB abfallendes Rauschen) von 70 dB, welches während des gesamten Testablaufs konstant blieb. Die Zahlreihen wurden in 5 dB-Stufen genannt, begonnen bei 70 dB absteigend bis zu 45 dB. Die Zahlen erklangen zunächst von rechts. Nachdem 50 % Zahlenverständnis erreicht war, wurde die linke Seite getestet. Der Patient oder Proband erhielt die Anweisung, die ihm über den Kopfhörer genannten Zahlen nachzusprechen oder ggf. zu raten. Die Ergebnisse wurden vom Computer automatisch graphisch dargestellt.



**Abb. 3: Graphische Darstellung des Sauer-Tests an einem Patientenbeispiel**

Ausgehend vom Bezugspunkt (Normalkurve) Ohr gesunder bei seitlicher Beschallung wird der Abstand zur – bei höheren Zahlenpegel liegenden – Mithörschwelle des Probanden bei gleichartiger Beschallung als  $a(r)$  (rechts) bzw.  $a(l)$  (links) bezeichnet.  $a(r)$  bzw.  $a(l)$  werden als „Hörverlust für Zahlen im Störgeräusch“ analog zum bekannten „Hörverlust für Sprache“  $a(1)$  definiert. Misst man  $a(r)$  bzw.  $a(l) = 0$  dB, so liegt keine akustische Selektionsstörung nach diesem Messverfahren vor. Werden  $a(r)$  bzw.  $a(l)$  hoch, so gelten die angegebenen Störungen als bestätigt. Die Zählweise entspricht also der des  $a(1)$ .

Da die lauteste Zahlengruppe mit 70 dB wiedergegeben wurde, konnten keine Messwerte  $a(r)$  bzw.  $a(l) > 18$  dB ermittelt werden. Wurde bei dieser Gruppe kein 50 %-Verständnis erreicht, so wurde  $a(r)$  bzw.  $a(l)$  wie von Sauer vorgeschlagen, mit  $a(r)$  bzw.  $a(l) = 20$  dB festgesetzt.

### 3.6 Auswertung

Die Ergebnisse wurden in eine Tabelle im SPSS 12.0.1. bzw. 15.0 Format eingetragen.

Das Ausmaß des Körperschadens wird im Versorgungswesen und der gesetzlichen Unfallversicherung sowie bei Begutachtungen nach dem Schwerbehindertengesetz durch einen Vom-Hundertsatz des GdS ausgedrückt. Zunächst wurden die GdS Werte für alle Patienten und Kontrollpersonen ohne Einbeziehung des Sauer-Tests errechnet, anschließend die Werte unter Einbeziehung des Sauer-Tests.

Als erster Schritt wurde das gewichtete Gesamtwortverstehen  $W(s)$  für jedes Ohr errechnet. Dafür wurden aus dem Sprachaudiogramm die Verständniswerte für 60, 80, 100 dB abgelesen. Zur Errechnung des gewichteten  $W(s)$  wurde die Verständnisquote in % bei 60 dB dreifach, die Verständnisquote in % bei 80 dB doppelt und die Verständnisquote in % bei 100 dB einfach gezählt, die Werte addiert und die daraus resultierende Summe durch zwei geteilt. *Feldmann* führte 1988 das gewichtete Gesamtwortverstehen anstelle des einfachen Gesamtwortverstehens (hierbei wurden die Verständnisquoten von 60, 80 und 100 dB addiert und die daraus resultierende Summe halbiert) ein, da durch diese Modifikation der Berechnung geringgradige Schwerhörigkeiten besser erfasst werden können. Als zweites wurde der Hörverlust für Sprache in dB für jedes Ohr am Abstand der gemessenen Zahlenkurve von der Normalkurve bestimmt und als  $a(1)$  bezeichnet. Mit beiden Werten konnte nun aus der von *Boenninghaus und Röser* 1973 erstellten Tabelle, der prozentuale Hörverlust für jedes Ohr abgelesen werden.

**Tab. 1: Tabelle nach Boenninghaus und Röser (1973) zur Ermittlung des prozentualen Hörverlusts aus den Werten der sprachaudiometrischen Untersuchungen**

		a <sub>1</sub> = Hörverlust für Zahlwörter in dB											
		< 20	ab 20	ab 25	ab 30	ab 35	ab 40	ab 45	ab 50	ab 55	ab 60	ab 65	ab 70
w <sub>2</sub> = Gesamtwortverstehen	< 20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	ab 20	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	100
	ab 35	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	95	100
	ab 50	80	80	80	80	80	80	80	80	80	90	95	100
	ab 75	70	70	70	70	70	70	70	70	80	90	95	100
	ab 100	60	60	60	60	60	60	60	70	80	90	95	
	ab 125	50	50	50	50	50	50	60	70	80	90		
	ab 150	40	40	40	40	40	50	60	70	80			
	ab 175	30	30	30	30	40	50	60	70				
	ab 200	20	20	20	30	40	50	60					
	ab 225	10	10	20	30	40	50						
	ab 250	0	10	20	30	40							

Ergab sich hierbei ein Wert von 20 bis 40 % (beide Werte eingeschlossen), so galt dieser Wert verbindlich und ohne weitere Berechnungen für den prozentualen Hörverlust. Ergab sich aber mit dem gewichteten Gesamtwortverstehen ein prozentualer Wert von 50 % oder mehr, so wurden die sprachaudiometrischen Daten noch einmal unter Verwendung des einfachen Gesamtwortverstehens in Verbindung mit dem Hörverlust für Zahlwörter ausgewertet. Ergab sich hierbei ein Wert von 40 % oder mehr, so galt dieser verbindlich für den prozentualen Hörverlust. Ergab sich aber mit dem einfachen Gesamtwortverstehen ein Wert von weniger als 40 %, so galt der Grenzwert zwischen beiden Berechnungsarten, also 40 %, verbindlich für den prozentualen Hörverlust.

Ergab die Berechnung mit dem gewichteten Gesamtwortverstehen einen prozentualen Hörverlust von weniger als 20 %, so wurde noch das Tonaudiogramm herangezogen und mit der Dreifrequenztafel von Röser, 1980 ausgewertet.

**Tab. 2: Dreifrequenztafel nach Röser (1980) zur Ermittlung des prozentualen Hörverlustes aus dem Tonaudiogramm**

	dB	Tonverlust bei 1 kHz										
		0	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95
Summe der Hörverluste bei 2 und 3 kHz		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	0 – 15	0	0	0	0	5	15	Hörverlust in Prozent				
	20 – 35	0	0	0	5	10	20					
	40 – 55	0	0	0	10	20	25	30	45			
	60 – 75	0	0	10	15	25	35	40	50	60		
	80 – 95	0	5	15	25	30	40	50	60	70	80	
	100 – 115	5	15	20	30	40	45	55	70	80	90	100
	120 – 135	10	20	30	35	45	55	65	75	90	100	100
	140 – 155	20	25	35	45	50	60	75	85	95	100	100
	160 – 175	25	35	40	50	60	70	80	95	100	100	100
180 – 195	30	40	50	55	70	80	90	100	100	100	100	
ab 200	40	45	55	65	75	90	100	100	100	100	100	

Diese Tabelle stützt sich auf die Frequenzen 1000 Hz, 2000 Hz und 3000 Hz, berücksichtigt aber immer deren Gesamtkonstellation, so dass größere Hörverluste bei der einen Frequenz geringere Hörverluste bei der anderen Frequenz ausgleichen. Es wurden, wie in der Tabelle ersichtlich, die Tonverluste bei 1, 2 und 3 kHz aus dem Tonaudiogramm abgelesen und anschließend mit diesen Werten der prozentuale Hörverlust für jedes Ohr aus der Dreifrequenztafel abgelesen. Bei dieser Berechnungsweise und Konstellation (relativ gutes Sprachverständnis) wurden aber nur Werte bis maximal 20 % für den als verbindlich anzusehenden prozentualen Hörverlust akzeptiert. War der Hörverlust aus der Dreifrequenztafel höher als 20 %, so galt der Grenzwert zwischen beiden Berechnungsarten, also 20 %, als verbindlicher prozentualer Hörverlust. Besonders bei der Begutachtung von Lärmschwerhörigkeit hat sich gezeigt, dass gerade die Abgrenzung zwischen Normalhörigkeit und einer geringgradigen Schwerhörigkeit allein nach dem Sprachaudiogramm manchmal unsicher ist, besonders wenn das Sprachverständnis noch gut ist, aber gleichzeitig ein erheblicher Hochtonverlust besteht (Feldmann, 2006). Die Erfahrung zeigt, dass die Bewertung nach dem Tonaudiogramm meist einen deutlich größeren prozentualen Hörverlust ergibt, als er nach dem Sprachaudiogramm unter Verwendung der Tabelle von Boenninghaus und Röser ermittelt wird (Feldmann, 2006).

Der prozentuale Hörverlust, ermittelt aus dem Sprachaudiogramm oder dem Tonaudiogramm, kann direkt als Ergebnis der quantitativen Hörprüfung in der Beurteilung angegeben werden. Zusätzlich ist es aber üblich, den Hörverlust durch eine Gradeinteilung zu bezeichnen:

0 % Hörverlust entsprechen dabei normalem Hörvermögen, 10 % annähernd normalem Hörvermögen, 20% einer annähernd geringgradigen Schwerhörigkeit, 30 % einer geringgradigen Schwerhörigkeit, 40 % einer gering- bis mittelgradigen Schwerhörigkeit, 50 % einer mittelgradigen Schwerhörigkeit, 60 % einer mittel- bis hochgradigen Schwerhörigkeit, 70 % einer hochgradigen Schwerhörigkeit , 80 % einer hochgradigen bis an Taubheit grenzenden Schwerhörigkeit, 90 % einer an Taubheit grenzenden Schwerhörigkeit und 100 % entsprechen dabei der Taubheit.

Der nächste Schritt war die Ableitung des GdS (Grad der Schädigungsfolgen). Dafür wurde mit Hilfe der von jedem Patienten für jedes Ohr berechneten Werte für den Hörverlust in %, die für die jeweiligen Werte vorgeschlagenen GdS-Werte aus der derzeit gültigen Tabelle abgelesen. Bei Werten, für die zwei unterschiedliche GdS-Werte vorgeschlagen werden, wurde je nach Tendenz der Ergebnisse zum höheren oder niedrigeren GdS-Wert tendiert.

Nun wurden die Ergebnisse des Sauer-Tests miteinbezogen. Da die Einschränkung der akustischen Selektionsfähigkeit als eine zusätzliche Behinderung zur durch die Hörschwellenverschiebung verursachten Sprachschwellenerhöhung aufgefasst werden kann, schlägt Sauer vor, den Hörverlust für Zahlen im Störgeräusch“ a (r) bzw. a (l) und den „Hörverlust für Sprache“ a (l) zu einem „Gesamthörverlust für Zahlen“ zu addieren:  $a(\text{ges}) = a(1) + a(r)$  bzw.  $a(l)$ . Dies wurde für alle Ohren durchgeführt. Mit diesem a (ges) erfolgte dann die Bewertung mittels der bekannten Sprachaudiometrietabellen.

**Tab. 3: Tabelle zur Ermittlung des MdE-Grades (entspricht GdS-Grad) aus den Schwerhörigkeitsgraden beider Ohren aus Feldmann (2006; S.391)**

Rechtes Ohr	Normalhörigkeit	0 – 20	0	0	10	10	15	20
	Geringgradige Schwerhörigkeit	20 – 40	0	15	20	20	30	30
	Mittelgradige Schwerhörigkeit	40 – 60	10	20	30	30	40	40
	Hochgradige Schwerhörigkeit	60 – 80	10	20	30	50	50	60
	An Taubheit grenzende Schwerhörigkeit	80 – 95	15	30	40	50	70	70
	Taubheit	100	20	30	40	50	70	80
	Hörverlust in %	0 – 20	20 – 40	40 – 60	60 – 80	80 – 95	100	
		Normalhörigkeit	Geringgradige Schwerhörigkeit	Mittelgradige Schwerhörigkeit	Hochgradige Schwerhörigkeit	An Taubheit grenzende Schwerhörigkeit	Taubheit	
								Linkes Ohr

## 4 Ergebnisse

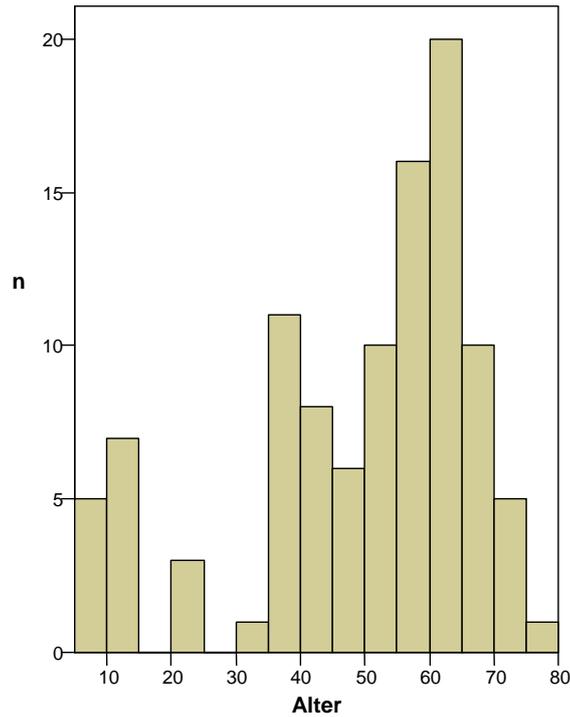
### 4.1 Datenüberblick

Es wurden die Daten von 103 Patienten mit Problemen im Störgeräusch erfasst. Zusätzlich wurden die Daten von 22 Kontrollpersonen erfasst.

79, d.h. 76,7 % der Patienten waren männlich, 24, d.h. 23,3 % weiblich. Von den Kontrollpersonen waren 14 Personen (entspricht 63,6 %) männlich und 8 Personen (entspricht 36,4 %) weiblich.

Das Alter der untersuchten Patienten reichte von einem Minimum von 6 Jahren bis zu einem Maximum von 77 Jahren bei einem Median von 55,00 Jahren (1. Quartil = 39 Jahre, 3. Quartil = 61 Jahre) und einem Mittelwert von 48,9417 Jahren. Bei den untersuchten Kontrollpersonen lag das Minimum bei 8 Jahren und das Maximum bei 70 Jahren. Der Median betrug 58,5 Jahre (1. Quartil = 39 Jahre, 3. Quartil = 65 Jahre) und der Mittelwert lag bei 51,8 Jahren.

In Abhängigkeit vom Geschlecht ergab sich bei den weiblichen Patienten ein Median von 41,5 Jahren (1. Quartil = 20 Jahre, 3. Quartil = 60 Jahre) und ein Mittelwert von 40,8 Jahren. Das Minimum des Alters der weiblichen Patienten betrug 6 Jahre, das Maximum 72 Jahre. Bei den männlichen Patienten lag der Median bei 56,0 Jahren (1. Quartil = 44 Jahre, 3. Quartil = 62 Jahre) und der Mittelwert bei 51,3 Jahren. Das Minimum lag hier bei 7 Jahren und das Maximum bei 77 Jahren. Das Alter der weiblichen Kontrollpersonen ergab einen Median von 53,5 Jahren (1. Quartil = 32 Jahre, 3. Quartil = 64 Jahre) und einen Mittelwert von 46,0 Jahren. Minimum und Maximum lagen hier bei 8 bzw. 65 Jahren. Das Alter der männlichen Kontrollpersonen ergab einen Median von 59,5 Jahren (1. Quartil = 45 Jahre, 3. Quartil = 67 Jahre) und einen Mittelwert von 55,1 Jahren. Das Minimum betrug in dieser Gruppe 27 Jahre und das Maximum 70 Jahre.



**Abb. 4: Altersverteilung des Patientenkollektivs**

Von den 103 Patienten gaben 26 (entspricht 25,2 %) Personen an, an einem allgemeinen, subjektiv verschlechtertem Hören zu leiden. 32 (entspricht 31,1 %) gaben an, an Verständnisproblemen im Hall zu leiden.

**Tab. 4: Allg. Hörprobleme**

		Häufigkeit= n	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Nein	77	74,8	74,8	74,8
	Ja	26	25,2	25,2	100,0
	Gesamt	103	100,0	100,0	

**Tab. 5: Verständnis im Hall gestört**

		Häufigkeit= n	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Nein	71	68,9	68,9	68,9
	Ja	32	31,1	31,1	100,0
	Gesamt	103	100,0	100,0	

20 Patienten (entspricht 19,4 % des Gesamtkollektivs) gaben an, sowohl an Verständnisproblemen im Hall und an allgemeinen Hörschwierigkeiten zu leiden.

**Tab. 6: Verständnis im Hall gestört und allg. Hörprobleme**

		Verständnis im Hall gestört		Gesamt
		Nein	Ja	
allg. Hörprobleme	Nein	65	12	77
	Ja	6	20	26
Gesamt		71	32	103

36 Patienten (entspricht 35,0 %) gaben eine positive Lärmanamnese an.

**Tab. 7: Arbeit im Lärm**

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Nein	67	65,0	65,0	65,0
Ja	36	35,0	35,0	100,0
Gesamt	103	100,0	100,0	

10 Patienten mit positiver Lärmanamnese (entspricht 9,7 % des Gesamtkollektivs bzw. 27,8 % der Patienten mit positiver Lärmanamnese) berichteten über Verständigungsschwierigkeiten im Hall und allgemeine, subjektive Hörprobleme. 17 Patienten mit positiver Lärmanamnese (entspricht 16,5 % des Gesamtkollektivs bzw. 47,2 % der Patienten mit positiver Lärmanamnese) verneinten sowohl eine subjektive Hörminderung als auch Verständnisprobleme im Hall. 6 Patienten mit positiver Lärmanamnese (entspricht 5,8 % des Gesamtkollektivs bzw. 18,8 % der Patienten mit positiver Lärmanamnese) berichteten lediglich über Verständnisprobleme im Hall und 3 Patienten dieser Gruppe (entspricht 2,9 % des Gesamtkollektivs bzw. 8,3 % der Patienten mit positiver Lärmanamnese) berichteten lediglich über eine allgemeine, subjektive Hörminderung.

Die Kontrollpersonen waren lärmannestisch unauffällig und verneinten in der weiteren Anamnese subjektive Hörprobleme allgemein, im Hall und bei Nebengeräuschen.

## 4.2 Ergebnisse der Hörtests

### 4.2.1 Überblick

Folgende Tabelle gibt einen Überblick über sämtliche durchgeführte audiometrische Untersuchungen und ihre Ergebnisse:

**Tab. 8: Übersicht über audiometrische Testverfahren**

	Anzahl n	Median	1. Quartil	3. Quartil	Mittelwert	Standardabweichung
<b>a (sauer) re</b>	101	4,8	1,3	9,6	5,6	5,8
<b>a (sauer) li</b>	102	5,1	1,6	8,3	5,8	5,7
<b>a (1) re</b>	103	20,0	10,0	30,0	21,3	16,5
<b>a (1) li</b>	103	18,0	10,0	30,0	20,6	14,8
<b>FF ohne SS</b>	103	90,0	70,0	100,0	80,5	24,6
<b>FF mit SS</b>	103	50,0	30,0	70,0	47,9	25,2
<b>Verständnis 60 dB re</b>	103	70,0	40,0	90,0	60,6	33,3
<b>Verständnis 80 dB re</b>	103	95,0	70,0	100,0	82,2	25,2
<b>Verständnis 100 dB re</b>	103	100,0	90,0	100,0	91,4	15,0
<b>Verständnis 60 dB li</b>	103	70,0	40,0	90,0	61,9	33,3
<b>Verständnis 80 dB li</b>	103	95,0	70,0	100,0	81,9	25,7
<b>Verständnis 100 dB li</b>	103	100,0	90,0	100,0	90,3	17,9
<b>Hörverlust re.</b>	103	20,0	0,0	40,0	24,3	27,0
<b>Hörverlust li.</b>	103	20,0	0,0	40,0	25,1	25,8
<b>Hörverlust (sauer) re</b>	103	20,0	0,0	40,0	27,9	29,2
<b>Hörverlust (sauer) li</b>	103	20,0	0,0	40,0	29,7	29,0
<b>GdS</b>	103	0,0	0,0	20,0	13,2	19,1
<b>GdS mit Sauer</b>	103	10,0	0,0	20,0	16,3	21,9

Nach Auswertung der Hörtests ergab sich folgende Verteilung von Diagnosen:

**Tab. 9: Verteilung der Diagnosen der Ohren in der Gesamtgruppe**

	In %	Anzahl n
<b>Hochtonsteilabfall</b>	37,9	78
<b>Hochtondiagonalabfall</b>	26,2	54
<b>Pantonale SE-SH</b>	11,7	24
<b>Wannenförmige SE-SH</b>	8,7	18
<b>Tiefton SE-SH</b>	3,9	8
<b>Normakusis</b>	8,7	18
<b>Alleinige Schalleitungs-SH</b>	2,9	6
<b>Zusätzliche Schalleitungskomponente</b>	11,7	24

#### 4.2.2 Sauer – Test

Der Sauer – Test wurde an 103 Patienten und 22 Kontrollpersonen durchgeführt. Von den 103 Patienten konnten rechts bei zwei Patienten (entspricht 1,9 %) und links bei einem Patienten (entspricht 0,9 %), keine 50 % Verständniswerte bestimmt werden, da diese bei 45 dB immer noch mehr als 50 % der dargebotenen Zahlen richtig wiedergeben konnten. Da negative Ergebnisse im Sauer – Test (also zu „gute“ Ergebnisse) im weiteren Verlauf „gleich Null“ gesetzt werden können, hatte dieses auf die Errechnung des Hörverlusts bzw. des GdS keinen Einfluss.

Der Maximalwert betrug rechts und links jeweils 20 dB. Das Minimum betrug rechts – 7,0 dB und links –3,43 dB. Rechts lag die erste Quartile bei 1,3 dB und die dritte Quartile bei 9,6 dB. Somit beträgt die Breite des Interquartilsbereichs 8,3 dB. Links lag die erste Quartile bei 1,6 dB und die dritte Quartile bei 8,3 dB. Der Interquartilsbereich liegt somit bei 6,7 dB. Die Mediane unterschieden sich mit 4,7 dB rechts und 5,1 dB links nur unwesentlich.

Bei den 103 Patienten ergab sich folgende Verteilung des Verständniswertes für Zahlen im Störgeräusch auf der rechten bzw. linken Seite ( a(sauer) re. bzw. a(sauer) li. ):

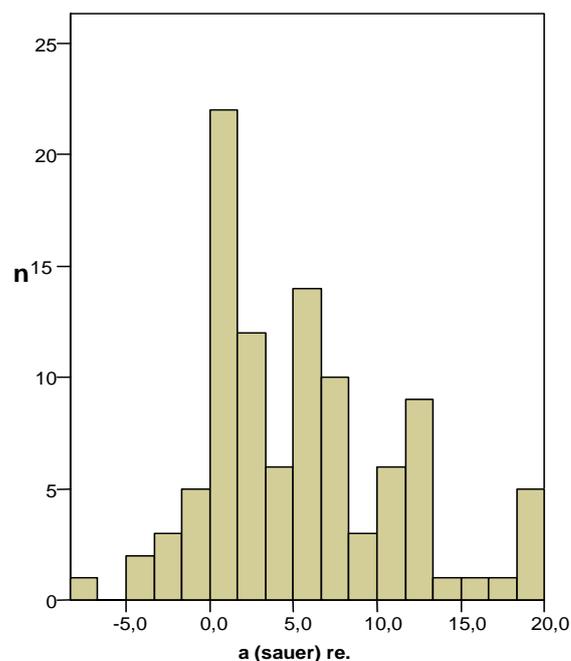
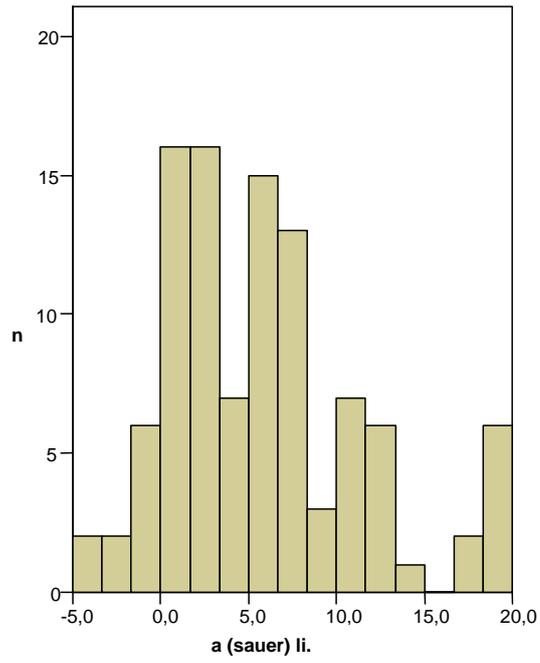
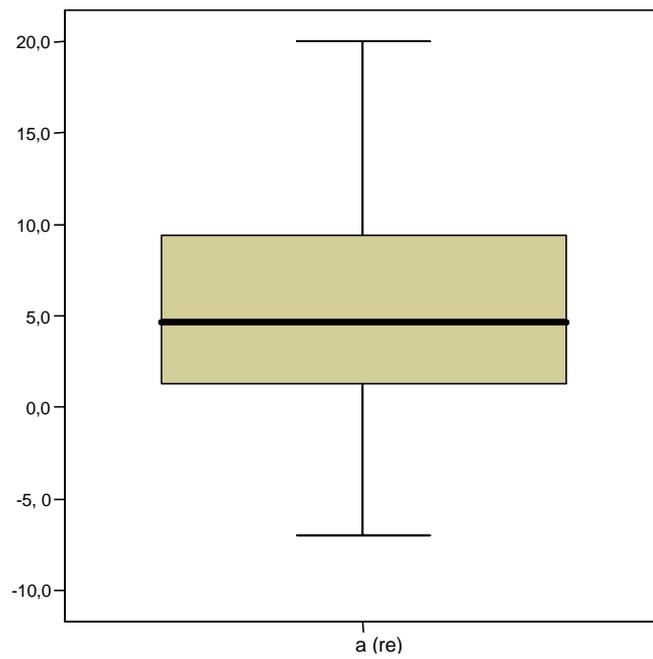


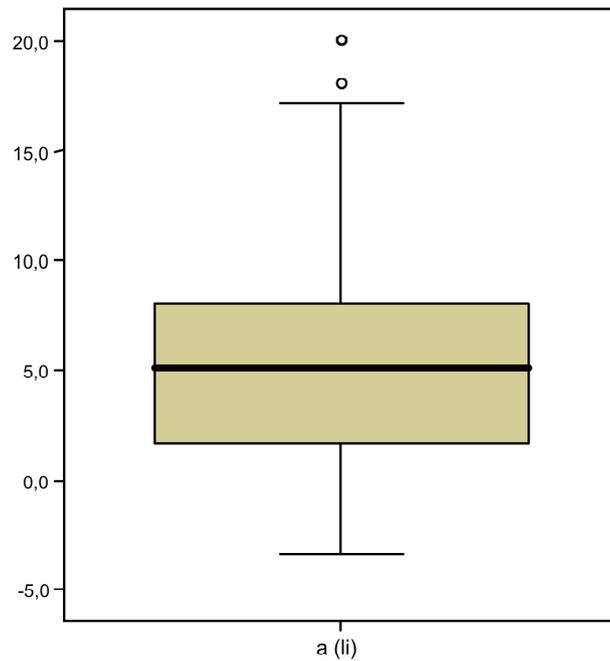
Abb. 5: Verteilung a(sauer) re. in dB



**Abb. 6: Verteilung a(sauer) li. in dB**

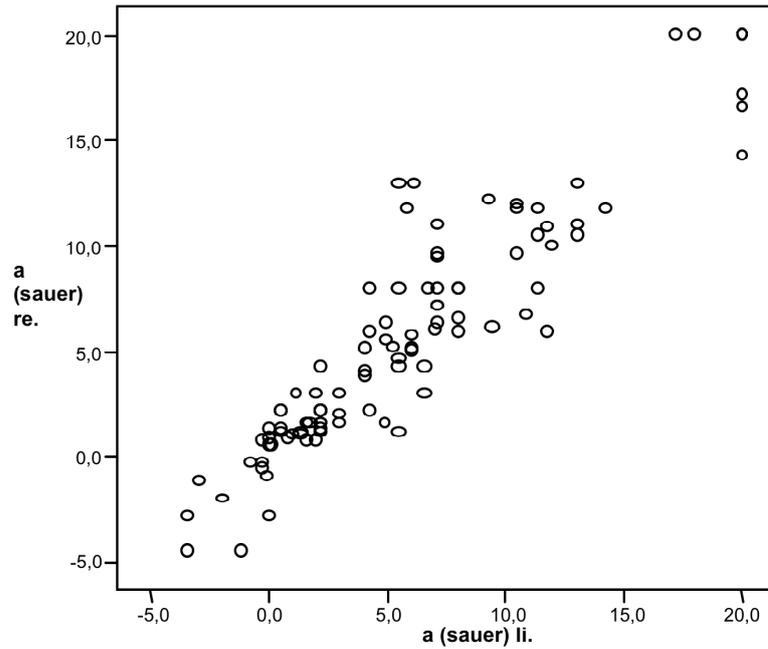


**Abb. 7: Box-plot a(sauer) re. in dB**



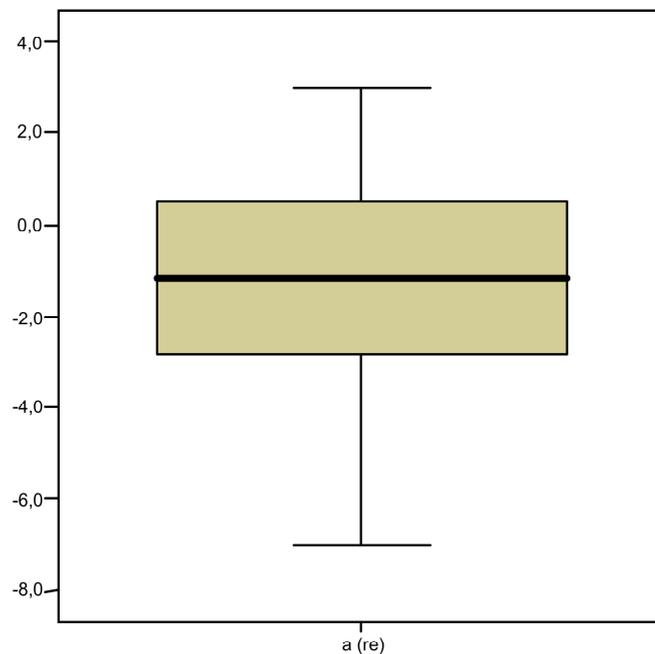
**Abb. 8: Box-plot a(sauer) li. in dB**

Die Grafiken verdeutlichen, dass rechte und linke Seite nahezu identische Werte ergaben. Die linke Seite zeigte allerdings sowohl im Median, in der Angabe der Quartile und des Mittelwertes leicht höhere Werte, was allerdings auch durch die zwei Ausreißer nach oben auf der linken Seite mitbegründet ist. Die Werte unterschieden sich allerdings meist nur gering, was auch folgende Abbildung im Streudiagramm verdeutlicht.

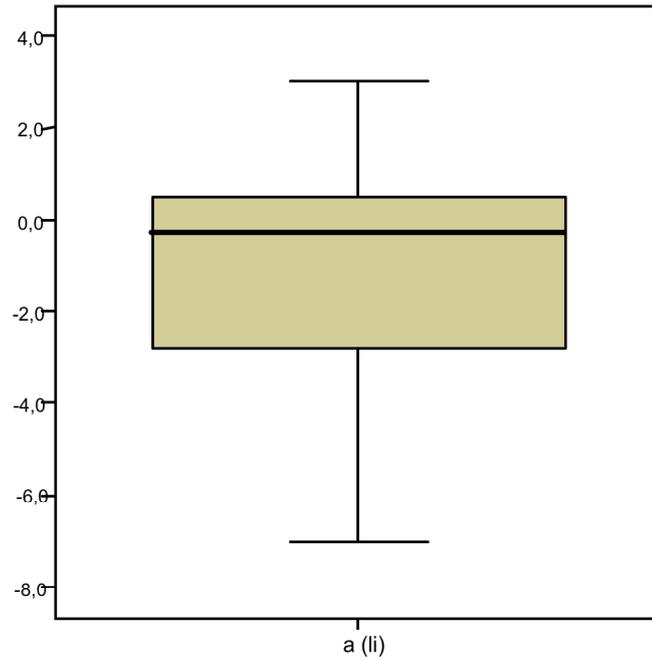


**Abb. 9: Scatter-plot a(sauer) re./ a(sauer) li.**

Bei den 22 Kontrollpersonen ergab sich folgende grafische Verteilung im Box-plot:



**Abb. 10: Box-plot a(sauer) re. bei Kontrollpersonen in dB**



**Abb. 11: Box-plot a(sauer) li. bei Kontrollpersonen in dB**

**Tab. 10: Sauer-Test bei Kontrollpersonen**

	Anzahl n	Median	1. Quartil	3. Quartil	Mittelwert	Standard- abweichung
<b>a (sauer) re</b>	22	-1,2	-2,8	0,6	0,5	2,6
<b>a (sauer) li</b>	22	-0,3	-2,8	0,7	-1,1	2,3

Die Ergebnisse zeigten, dass die Werte der subjektiv gesunden Kontrollpersonen nur unwesentlich vom Normwert,  $a = 0$ , abwichen.

### 4.2.3 Sprachaudiometrie

Die sprachaudiometrische Untersuchung der Verständlichkeit für Zahlen ( a(1) re. bzw. li. ) erbrachte folgende Ergebnisse (siehe auch Tab.4):

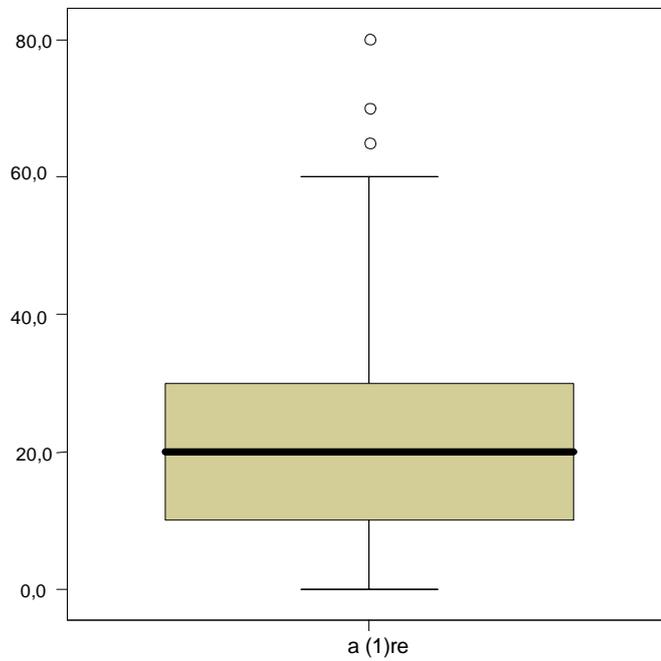


Abb. 12: Box-plot a(1) re. in dB

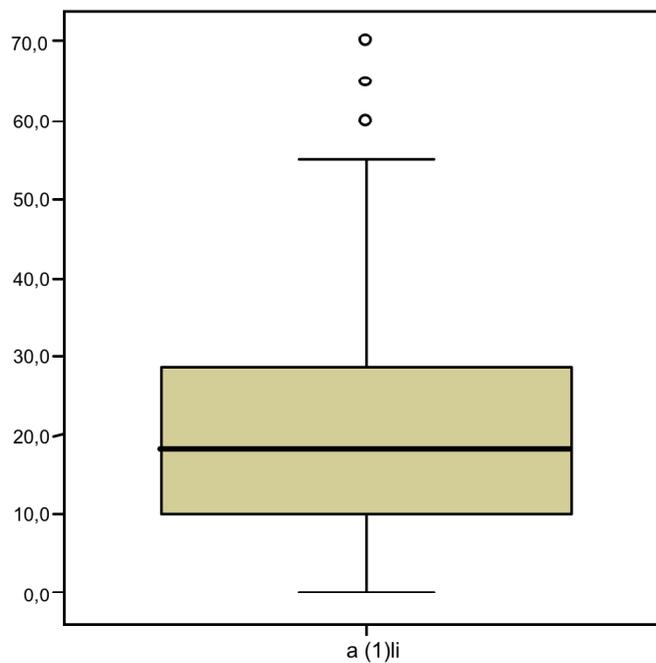
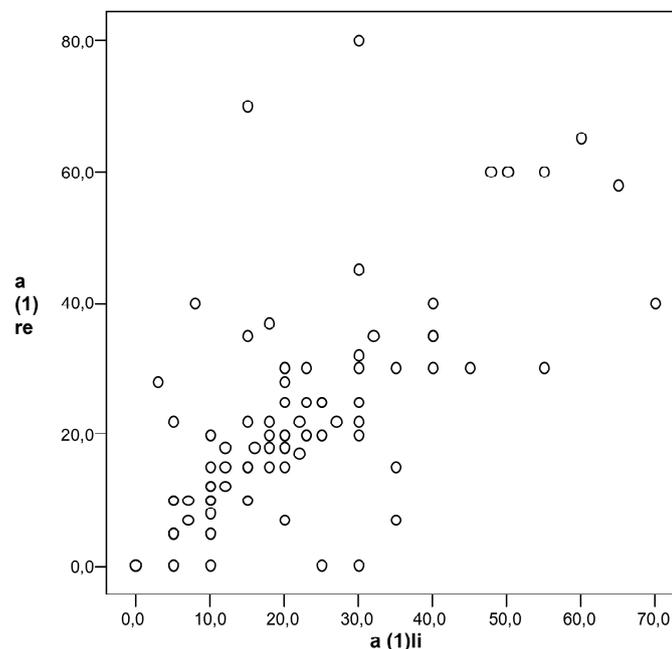


Abb. 13: Box-plot a(1) li. in dB

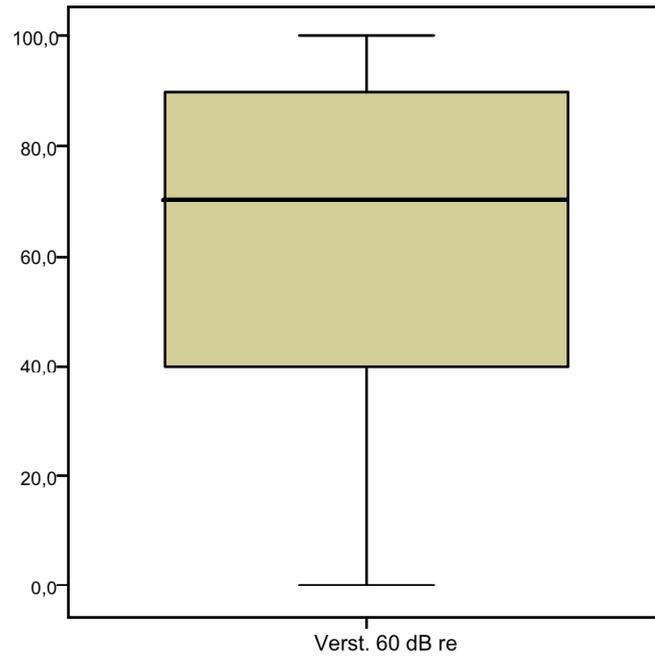
Das Maximum lag rechts bei 80 dB und das Minimum bei 0 dB. Die erste Quartile lag rechts bei 10 dB und die dritte Quartile bei 30 dB. Der Interquartilsbereich beträgt somit 20 dB. Links lagen Maximum und Minimum bei 70 dB bzw. 0 dB. Quartile und Interquartilsbereich waren links identisch mit der rechten Seite. Man sieht, dass die Werte nur leichte Unterschiede zeigten. Die rechte Seite ergab insgesamt etwas höhere Werte (Median rechts: 20 dB; Median links: 18 dB). Zudem sieht man beidseits drei Ausreißer nach oben. Die leichten Unterschiede zeigten sich auch in der Darstellung im Streudiagramm:



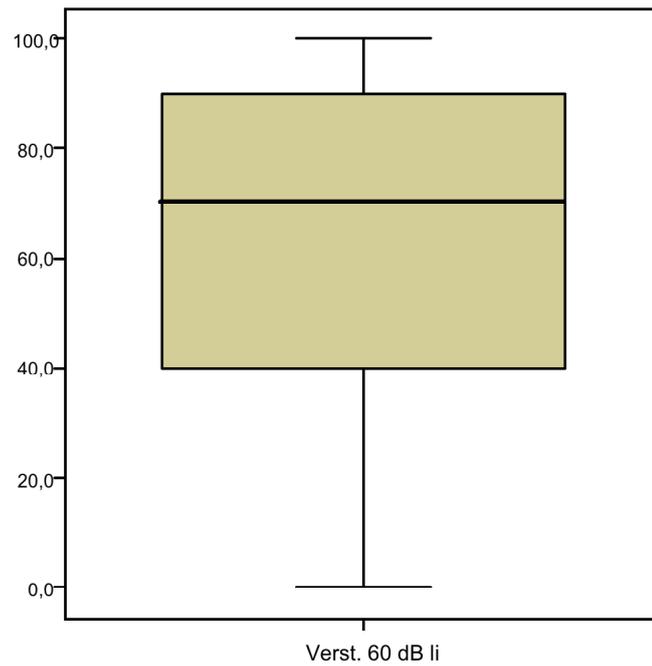
**Abb. 14: Scatter-plot a(1) re. / a(1) li.**

Bei den Kontrollpersonen wich der Wert a(1) re. bzw. li. jeweils nur zweimal von 0 dB auf 5 dB ab.

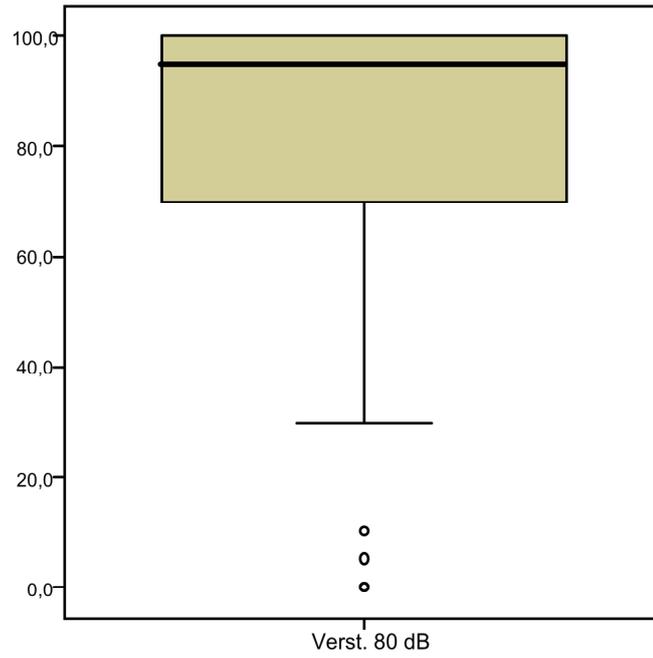
Die Untersuchung des Verständnisses für Einsilber ergab bei 60 dB, 80 dB und 100 dB, für jede Seite getrennt grafisch dargestellt, folgende Ergebnisse:



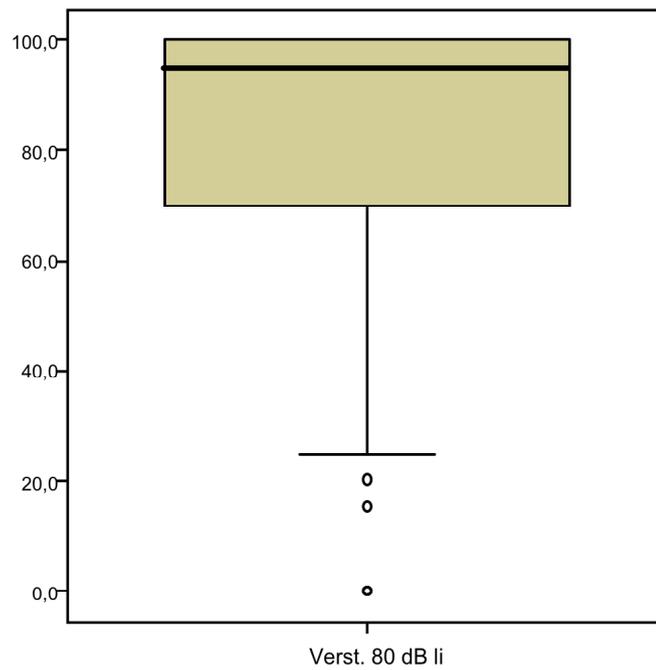
**Abb. 15: Box-plot Verständnis für Wörter bei 60 dB re. in %**



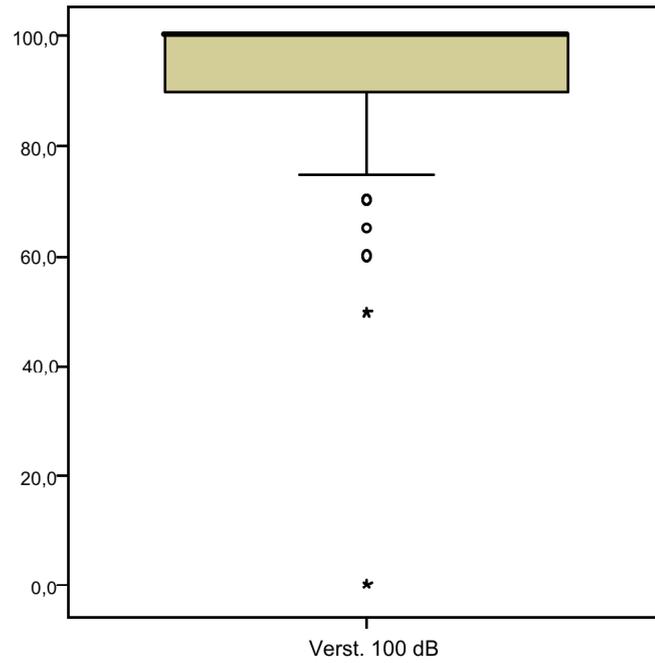
**Abb. 16: Box-plot Verständnis für Wörter bei 60 dB li. in %**



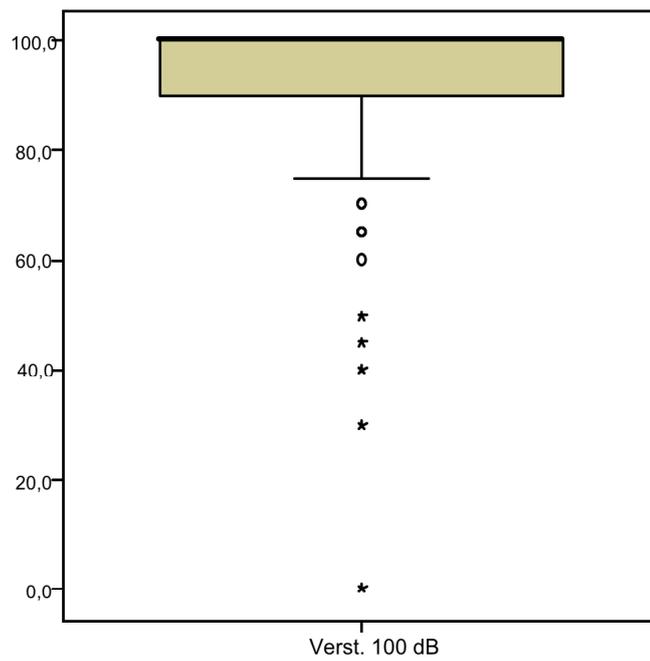
**Abb. 17: Box-plot Verständnis für Wörter bei 80 dB re. in %**



**Abb. 18: Box-plot Verständnis für Wörter bei 80 dB li. in %**



**Abb. 19: Box-plot Verständnis für Wörter bei 100 dB re. in %**



**Abb. 20: Box-plot Verständnis für Wörter bei 100 dB li. in %**

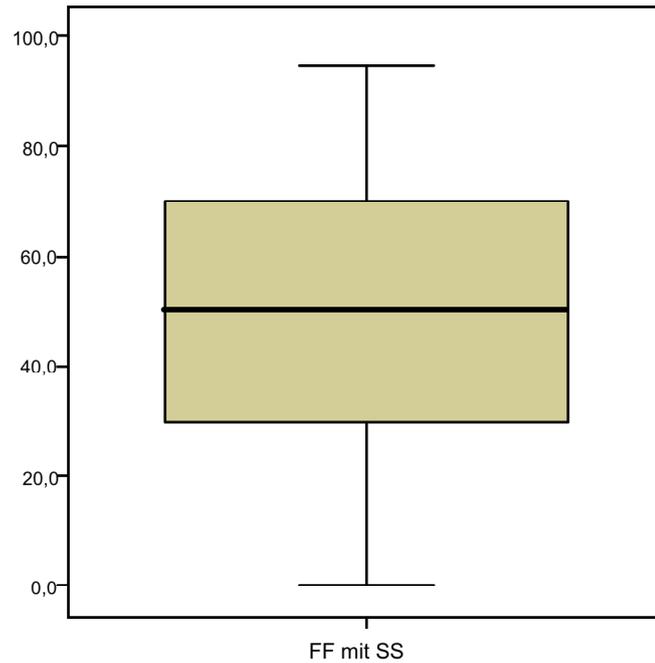
Die Abbildungen 12 bis 17 wie auch Tabelle 4 zeigen, dass die Mediane und auch die Quartile der verschiedenen Seiten für die jeweiligen Lautstärkepegel eng zusammenlagen.

Bei 60 dB lagen Minimum und Maximum rechts und links bei 0 % bzw. 100%. Die erste Quartile lag beidseits bei 40 % und die dritte beidseits bei 90 %, somit ergibt sich ein Interquartilsbereich von 50 %. Der Median lag beidseits bei 70 %. Bei 80 dB lagen Minimum und Maximum beidseits ebenfalls bei 0 % bzw. 100 %. Die Quartile und der Median waren auch hier beidseits identisch. Die erste Quartile lag bei 70 %, die dritte bei 100 %. Der Median lag beidseits bei 95 %. Bei 100 % waren die Werte von Median, erster und dritter Quartile für beide Seiten ebenfalls identisch. So lagen die erste und dritte Quartile jeweils bei 90 % bzw. 100 % und der Median bei 100 %. Minimum und Maximum lagen wie bei den anderen Lautstärkepegeln für beiden Seiten bei 0 % bzw. 100 %.

In den Abbildungen sieht man, dass mit zunehmendem Lautstärkepegel, auch die Anzahl der Ausreißer nach unten zunimmt. So sieht man bei 80 dB auf beiden Seiten jeweils drei Ausreißer, bei 100 dB rechts fünf und auf der linken Seite sogar acht.

Bei den Kontrollpersonen gab es lediglich eine Person, welche bei 60 dB auf der rechten ein 95 % Verständnis für Einsilber hatte. Alle übrigen Werte, wie auch Minimum, Maximum, erste und dritte Quartile, Median und Mittelwert, lagen bei 100 %.

Bei der Freifeldmessung mit und ohne Störgeräusch ergaben sich folgende Werte in der grafischen Darstellung:

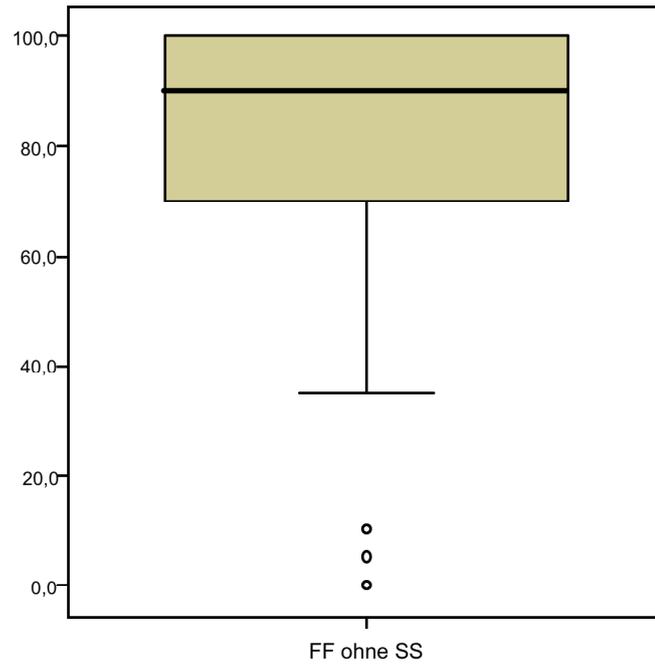


**Abb. 21: Box-plot Freifeldmessung mit Störgeräusch**

Das Minimum lag bei diesem Test bei 0 % Verständnis und das Maximum bei 95 %. Die erste und die dritte Quartile lagen bei 30 bzw. 70 % (Interquartilsbereich: 40 %) und der Median bei 50 %.

Bei der Freifeldmessung ohne Störgeräusch (Abbildung 19) lagen Minimum und Maximum bei 0 % bzw. 100 %, die erste und dritte Quartile bei 70 bzw. 100 % (Interquartilsbereich: 30 %) und der Median bei 90 %. In der grafischen Darstellung erkennt man drei Ausreißer bei

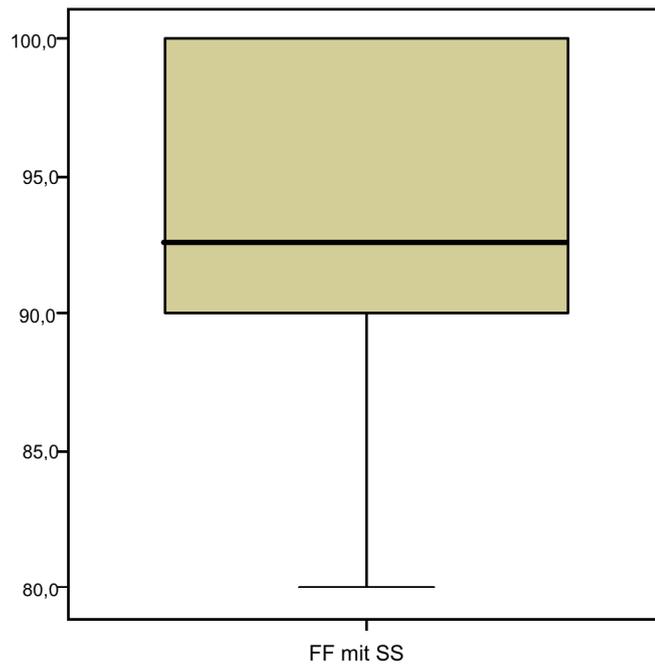
0 %, 5 % und 10 %.



**Abb. 22: Box-plot Freifeldmessung ohne Störgeräusch**

Bei den Kontrollpersonen lag das Verständnis in der Freifeldmessung ohne Störgeräusch bei allen 22 Personen bei 100 %.

In der Freifeldmessung mit Störgeräusch bei den Kontrollpersonen ergab sich folgende grafische Verteilung:



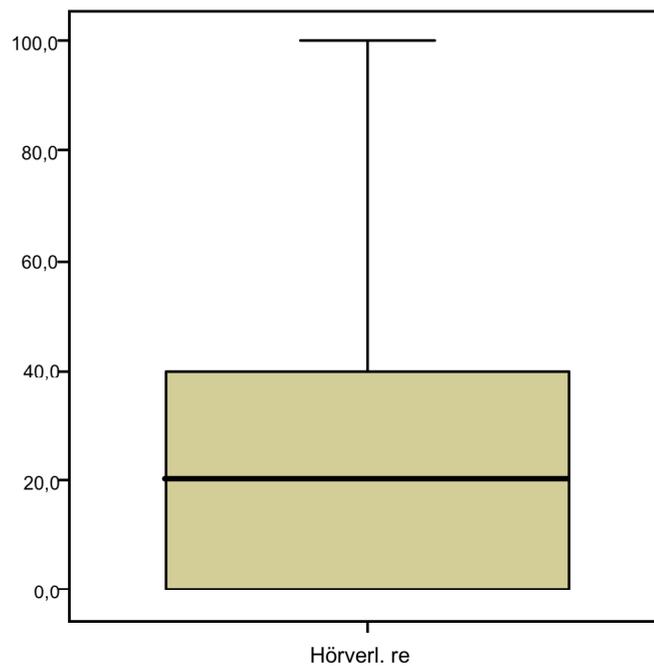
**Abb. 23: Box-plot Freifeldmessung mit Störgeräusch bei Kontrollpersonen**

Minimum bzw. Maximum findet man bei 80 bzw. 100 % Verständnis. Die erste Quartile lag bei 90 % und die dritte bei 100 % (Interquartilsbereich 10 %). Der Median lag bei 92,50 %.

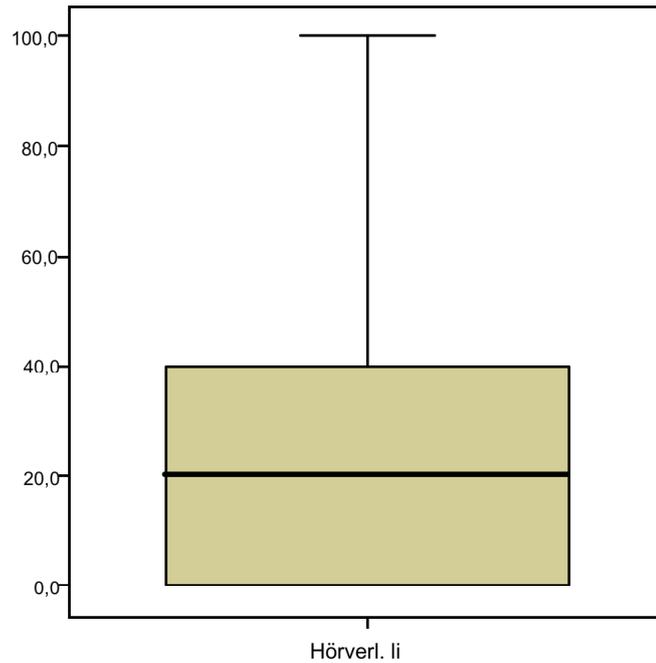
#### 4.2.4 Hörverlust und GdS

Aus den Werten der sprachaudiometrischen Untersuchungen wurden zunächst die Werte für den jeweiligen Hörverlust für jede Seite und anschließend der GdS für beide Seiten abgeleitet.

Die Werte für den Hörverlust sind für beide Seiten insgesamt gesehen nahezu identisch. Die erste und dritte Quartile liegen bei beiden Seiten bei 0 % bzw. 40 % und der Median bei 20 %. Minimum und Maximum lagen beidseits bei 0 % bzw. 100 %.

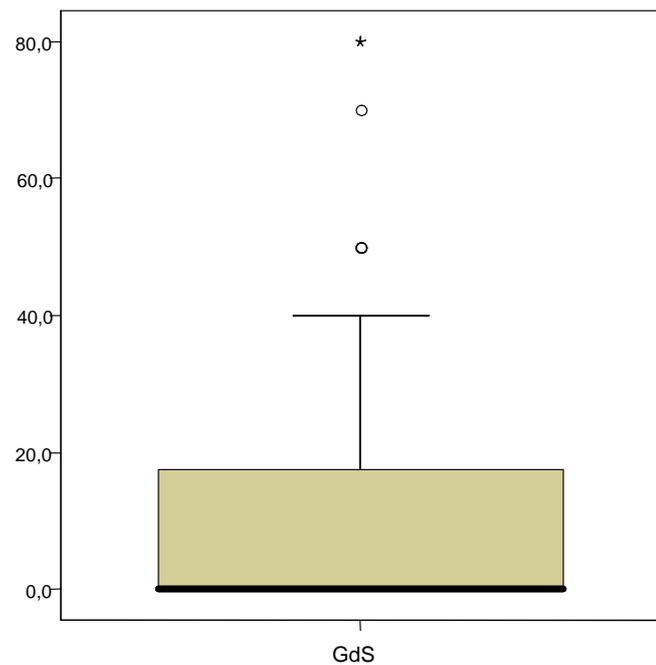


**Abb. 24: Box-plot Hörverlust rechts**



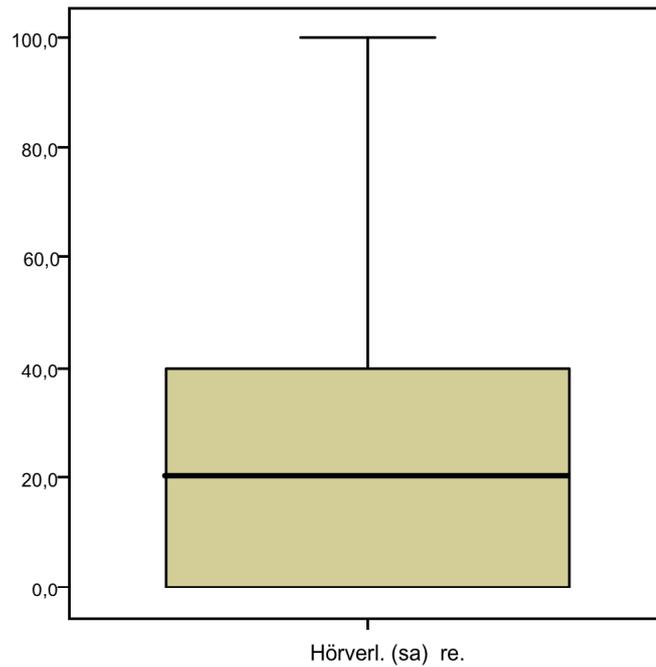
**Abb. 25: Box-plot Hörverlust links**

Bei der Ermittlung des GdS ergab sich ein Median von 0 %. Die erste Quartile lag ebenfalls bei 0 % und die dritte Quartile bei 20 %. Der Mittelwert lag allerdings bei 13,20 % was durch die Ausreißer bedingt war. Das Minimum lag bei 0% und das Maximum bei 80 %. In der grafischen Darstellung sieht dies wie folgt aus:

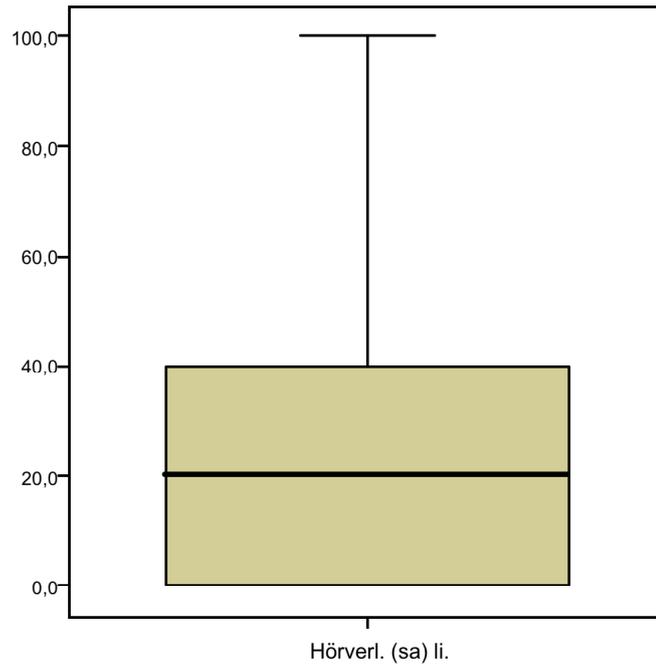


**Abb. 26: Box-plot GdS**

Unter Einbeziehung des Sauer-Tests kam es bei der Ermittlung des Hörverlustes für beide Seiten zu jeweils keiner Änderung der Werte für den Median, Minimum, Maximum und der ersten und dritten Quartile (siehe Tab. 4). Lediglich der Mittelwert stieg auf beiden Seiten leicht an (rechts von 24,3 % auf 27,7 % und links von 25,1 % auf 29,7%).



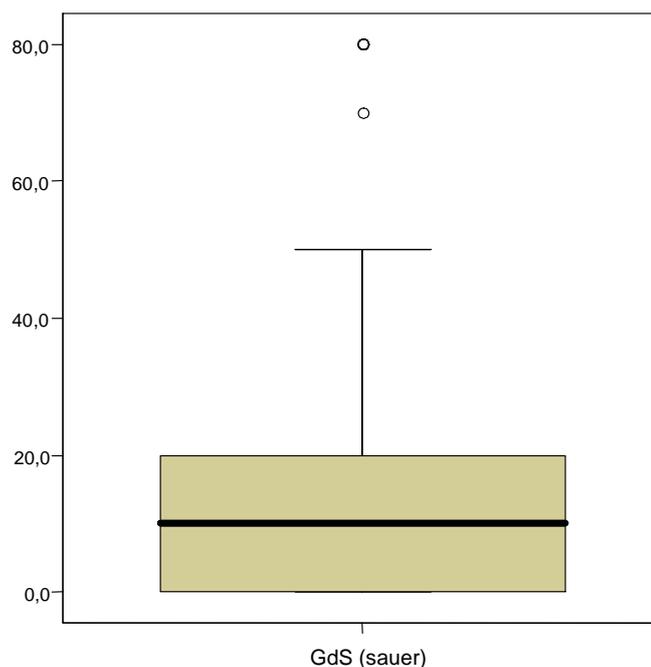
**Abb. 27: Box-plot Hörverlust mit Sauer-Test rechts**



**Abb. 28: Box-plot Hörverlust mit Sauer-Test links**

Man sieht, dass die grafischen Darstellungen im Box-plot mit und ohne Sauer-Test für beide Seiten vollständig identisch sind.

Bei der Errechnung des GdS stieg der Median im Vergleich zum ohne Sauer-Test errechneten GdS, von 0 % auf 10 % an. Der Mittelwert stieg von 13,2 % auf 16,3 %. Die erste und dritte Quartile blieben konstant bei 0 bzw. 20 %. Auch das Minimum und das Maximum veränderten sich im Vergleich zu den Ergebnissen ohne Sauer-Test nicht und blieben bei 0 bzw. 80 %.



**Abb. 29: Box-plot GdS mit Sauer-Test**

Insgesamt stieg der GdS bei 23 Personen (entspricht 22,3 % des Gesamtkollektivs) an. Diese sollen in einer Subgruppenanalyse näher untersucht werden.

Bei den 22 Kontrollpersonen waren sämtliche Werte für Hörverlust beidseits mit und ohne Sauer-Test, sowie für den GdS mit und ohne Sauer-Test gleich 0 %.

### 4.3 Subgruppenanalyse 1

#### 4.3.1 Überblick, anamnestische Daten und sprachaudiometrische Daten

Bei 23 Personen stieg der GdS unter Einbeziehung des Sauer-Tests an. Das entspricht 22,3 % des Gesamtkollektivs. Diese Personen sollen nun genauer untersucht werden.

15 Patienten waren männlich (entspricht 65,2 % der Subgruppe) und acht Patienten waren weiblich (entspricht 34,8 % der Subgruppe). Das Alter der Subgruppe lag im Median bei 56 Jahren. Minimum und Maximum betragen 8 bzw. 72 Jahre. Die erste Quartile lag bei 48 Jahren und die dritte Quartile bei 63 Jahren. Der Interquartilsbereich beträgt somit 15 Jahre.

14 Personen (entspricht 60,9 %) gaben in der Anamnese an, Verständigungsschwierigkeiten im Hall zu haben. 12 Personen (entspricht 52,2 %) litten an allgemeinen Hörproblemen. Bei 10 Personen (entspricht 43,5 %) war die Lärmanamnese positiv.

In den audiometrischen Testverfahren ergeben sich im Überblick folgende Werte:

**Tab. 11: Audiometrische Testverfahren bei Subgruppe 1**

	Anzahl n	Median	1. Quartil	3. Quartil	Mittelwert	Standard- abweichung
<b>a (sauer) re</b>	23	10,9	7,5	12,8	10,6	4,1
<b>a (sauer) li</b>	23	10,5	7,2	13,0	10,6	4,3
<b>a (1) re</b>	23	30,0	22,0	35,0	34,0	16,2
<b>a (1) li</b>	23	30,0	20,0	40,0	28,9	12,3
<b>FF ohne SS</b>	23	85,0	50,0	95,0	68,9	31,9
<b>FF mit SS</b>	23	35,0	20,0	50,0	33,0	20,9
<b>Verständnis 60 dB re</b>	23	50,0	5,0	85,0	47,4	36,8
<b>Verständnis 80 dB re</b>	23	80,0	60,0	100,0	78,3	24,9
<b>Verständnis 100 dB re</b>	23	90,0	80,0	100,0	88,9	13,6
<b>Verständnis 60 dB li</b>	23	60,0	10,0	80,0	50,7	34,1
<b>Verständnis 80 dB li</b>	23	90,0	75,0	100,0	83,3	19,7
<b>Verständnis 100 dB li</b>	23	100,0	90,0	100,0	93,3	10,2
<b>Hörverlust re</b>	23	30,0	20,0	50,0	39,1	28,7
<b>Hörverlust li</b>	23	30,0	10,0	50,0	31,7	22,5
<b>Hörverlust (sauer) re</b>	23	50,0	30,0	60,0	50,4	27,5
<b>Hörverlust (sauer) li</b>	23	40,0	20,0	70,0	47,2	28,1
<b>GdS</b>	23	15,0	0,0	30,0	18,0	17,2
<b>GdS mit Sauer</b>	23	20,0	15,0	50,0	31,9	22,9

Bei Betrachtung der Seitenunterschiede fiel zunächst auf, dass die Unterschiede rechts/links wieder sehr gering waren. Die linke Seite zeigt höhere Werte im Verständnis für Einsilber und die rechte leicht höhere im Verständnis für Zahlen (a(1)) und im Hörverlust.

Vergleicht man die Mediane der Subgruppe mit dem Gesamtkollektiv, kommt man zu folgender Tabelle:

**Tab. 12: Vergleich Mediane Subgruppe 1 mit Gesamtkollektiv**

	Median Gruppe 1	Median Gruppe 2	Delta Median	p – Wert (Mann-Whitney)
<b>a (sauer) re</b>	10,9	2,2	8,7	<b>&lt;0.001</b>
<b>a (sauer) li</b>	10,5	3,0	7,5	<b>&lt;0.001</b>

<b>a (1) re</b>	30,0	15,0	15,0	<b>&lt;0.001</b>
<b>a (1) li</b>	30,0	15,0	15,0	<b>&lt;0.001</b>
<b>FF ohne SS</b>	85,0	90,0	-5,0	<b>0.023</b>
<b>FF mit SS</b>	35,0	50,0	-15,0	<b>0.002</b>
<b>Verständnis 60 dB re</b>	50,0	70,0	-20,0	<b>0.046</b>
<b>Verständnis 80 dB re</b>	80,0	95,0	-15,0	0.148
<b>Verständnis 100 dB re</b>	90,0	100,0	-10,0	0.077
<b>Verständnis 60 dB li</b>	60,0	70,0	-10,0	0.055
<b>Verständnis 80 dB li</b>	90,0	95,0	-5,0	0.365
<b>Verständnis 100 dB li</b>	100,0	100,0	0,00	0.813
<b>Hörverlust re</b>	30,0	10,0	20,0	<b>0.001</b>
<b>Hörverlust li</b>	30,0	20,0	10,0	<b>0.049</b>
<b>Hörverlust (sauer) re</b>	50,0	10,0	40,0	<b>&lt;0.001</b>
<b>Hörverlust (sauer) li</b>	40,0	20,0	20,0	<b>&lt;0.001</b>
<b>GdS</b>	15,0	0,0	15,0	<b>0.026</b>
<b>GdS mit Sauer</b>	20,0	0,0	20,0	<b>&lt;0.001</b>

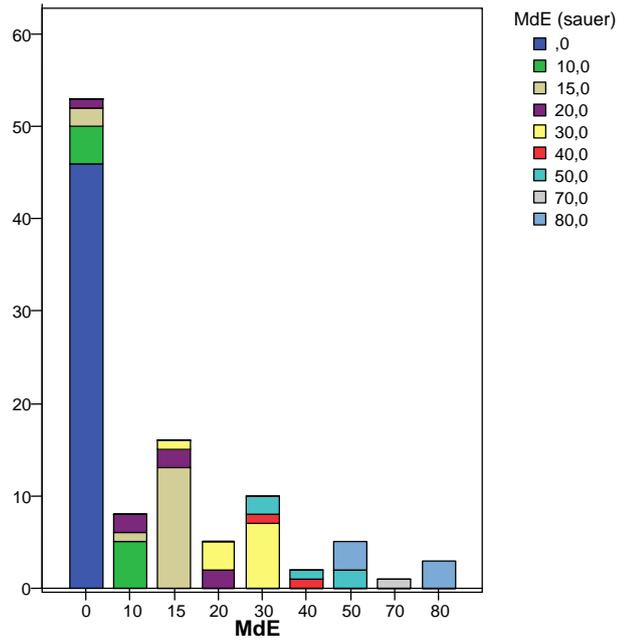
**Anmerkung:** Gruppe 1 entspricht Subgruppe 1, d.h. Mediane aus Tab. 7 (n = 23)  
Gruppe 2 entspricht Gesamtkollektiv – Subgruppe 1  
(n = 80)  
Delta Median entspricht der optischen Differenz von Median Subgruppe 1  
und Median Gesamtkollektiv – Subgruppe 1  
Signifikante Unterschiede sind fett markiert.

Vergleicht man beide Gruppen, so beträgt der p-Wert nach Spearman 0,74, NS.

Es fällt auf, dass die Mediane für das Verständnis für Zahlen im Sauer-Test sowie im Freiburger Sprachverständlichkeitstest in der Subgruppe deutlich höher sind als im Gesamtkollektiv. Ein höherer Median bedeutet in diesem Fall, dass das Sprachverständnis schlechter ist. Im Verständnis für Wörter hingegen sind die Mediane in der Gruppe 2 teilweise deutlich höher. Ein höherer Median bedeutet allerdings hier ein besseres Sprachverständnis.

Als nächster Schritt wurde überprüft, bei welchen Werten sich der GdS änderte. Abbildung 33 gibt einen Überblick über die Änderung der GdS – Werte.

**Absolute Werte**



**Abb. 30: Verteilung der Veränderung des GdS-Wertes**

Prozentual gesehen lassen sich die Veränderungen wie folgt zusammenfassen (es werden nur die GdS-Werte aufgelistet, bei welchen es zu einer Veränderung kam, alle nicht aufgelisteten GdS-Werte blieben konstant):

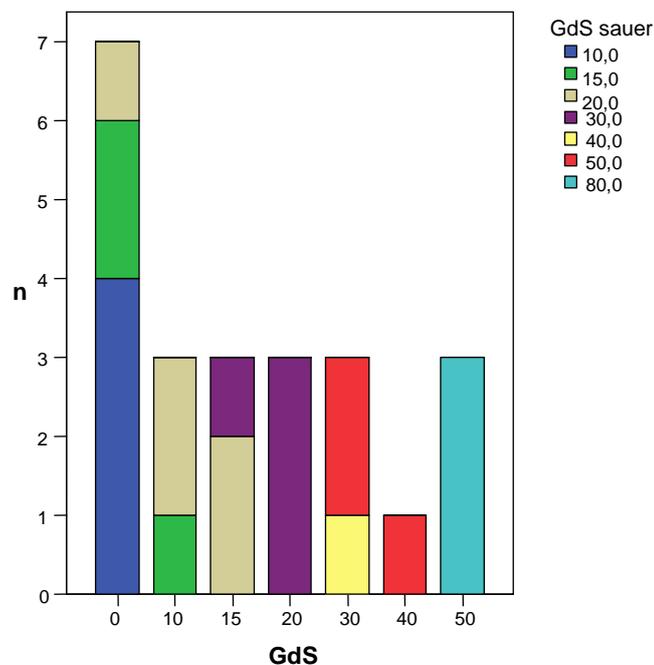
**Tab. 13: Veränderungen des GdS-Wertes im Gesamtkollektiv (n=103)**

	Veränderung in %	Veränderung um 5 in %	Veränderung um 10 in %	Veränderung um 15 in %	Veränderung um 20 in %	Veränderung um 25 in %	Veränderung um 30 in %
GdS 0 %	13,2 (n = 7)	0	57,1 (n = 4)	28,6 (n = 2)	14,3 (n = 1)	0	0
GdS 10 %	37,5 (n = 3)	33,3 (n = 1)	66,7 (n = 2)	0	0	0	0
GdS 15 %	18,8 (n = 3)	66,7 (n = 2)	0	33,3 (n = 1)	0	0	0
GdS 20 %	60 (n = 3)	0	100 (n = 3)	0	0	0	0
GdS 30 %	30 (n = 3)	0	33,3 (n = 1)	0	66,7 (n = 2)	0	0
GdS 40 %	50 (n = 1)	0	100 (n = 1)	0	0	0	0
GdS 50 %	60 (n = 3)	0	0	0	0	0	100 (n = 3)

Man sieht, dass zwar absolut gesehen die häufigsten Veränderungen bei einem ursprünglichen GdS von 0 % stattfanden, prozentual gesehen jedoch bei mittleren und

höheren GdS-Werten eine Veränderung häufiger stattfand. Allerdings ist dies nicht aussagekräftig, da für höhere GdS-Werte nur sehr wenige Patienten vorlagen.

Einen Überblick über die Höhe der Veränderungen verdeutlicht folgende grafische Darstellung:



**Abb. 31: Verteilung der GdS-Veränderungen der Subgruppe 1**

Es fanden sich bei insgesamt 23 Personen Veränderungen des GdS-Wertes, drei Veränderung um einen GdS-Wert von 5 % (entspricht 13,0 %), elf Veränderungen um einen GdS-Wert von 10 % (entspricht 47,8 %) und jeweils drei Veränderungen um einen GdS-Wert von 15, 20 und 30 % (entspricht jeweils 13,0 %). Es zeigt sich, dass bei knapp der Hälfte aller Veränderungen, eine Veränderung um einen GdS-Wert von 10 % vorliegt. Größere und kleinere Veränderungen sind mit jeweils 13,0 % seltener. Man sieht auch, dass größere Veränderungen (um einen GdS-Wert von 20 oder 30 %), vorwiegend bei ursprünglich höheren GdS-Werten stattfanden.

#### **4.3.2 Tonaudiometrische Daten**

Die Tonaudiogramme der 23 Patienten der Subgruppe wurden nun untersucht und je nach Audiogramm in verschiedene Gruppen unterteilt:

**Hochtonsteilabfall:**

Insgesamt bei 14 Ohren (entspricht 30,4 % von 46 Ohren), davon 8 rechts (17,4 % von 46 Ohren) und 6 links (13,0 % von 46 Ohren); bei allen Patienten, bei denen sich ein Hochtonsteilabfall auf der linken Seite zeigte, fand sich auch ein Hochtonsteilabfall auf der rechten Seite. Bei den zwei Patienten mit Hochtonsteilabfall rechts ohne Hochtonsteilabfall links, fand sich ein Hochtondiagonalabfall links (entspricht 8,7 % von 23 Patienten).

Bei einem Patienten lag zusätzlich eine beidseitige Schallleitungskomponente vor, bei einem weiteren eine einseitige (rechts).

**Hochtondiagonalabfall:**

Insgesamt bei 14 Ohren (entspricht 30,4 % von 46 Ohren), davon 6 rechts (13,0 % von 46 Ohren) und 8 links (17,4 % von 46 Ohren); bei 5 Patienten (21,7 % von 23 Patienten) lag diese Diagnose beidseits vor. Bei zwei Patienten mit Hochtondiagonalabfall links (entspricht 8,7 % von 23 Patienten) fand sich ein Hochtonsteilabfall rechts und bei einem dieser Patienten zusätzlich eine Schallleitungskomponente rechts. Bei einem Patienten (4,4 % von 23 Patienten) lag ein Hochtondiagonalabfall links vor und auf der rechten Seite eine pantonale Schallempfindungsstörung und bei einem weiteren Patienten (4,4 % von 23 Patienten) lag ein Hochtondiagonalabfall rechts, kombiniert mit einer Schallleitungskomponente vor. Die linke Seite dieses Patienten zeigte eine Normakusis.

**Pantonale Schallempfindungsstörung**

Insgesamt bei 9 Ohren (entspricht 19,6 % von 46 Ohren), davon 5 rechts (10,87 % von 46 Ohren) und 4 links (8,7 % von 46 Ohren); bei allen Patienten, bei denen sich eine pantonale Schallempfindungsstörung auf der linken Seite zeigte, fand sich auch eine pantonale Schallempfindungsstörung auf der rechten Seite (4 Patienten entsprechen 17,4 % von 23 Patienten). Bei einem Patienten (4,4 % von 23 Patienten) lag ein Hochtondiagonalabfall links vor und auf der rechten Seite eine pantonale Schallempfindungsstörung.

### **Wannenförmige Schallempfindungsstörung**

Insgesamt bei 2 Ohren (entspricht 4,4 % von 46 Ohren), jeweils rechts und links bei einem Patienten (4,4 % von 23 Patienten)

### **Tiefton-Schallempfindungsschwerhörigkeit**

Insgesamt bei 2 Ohren (entspricht 4,4 % von 46 Ohren), jeweils rechts und links bei einem Patienten (4,4 % von 23 Patienten)

### **Normakusis**

Insgesamt auf einem Ohr (entspricht 2,2 % von 46 Ohren) auf der linken Seite; bei diesem Patienten (4,4 % von 23 Patienten) lag rechts ein Hochtondiagonalabfall mit Schalleitungskomponente vor.

### **Schalleitungsschwerhörigkeit**

Insgesamt bei 8 Ohren (17,4 % von 46 Ohren), davon 5 rechts (10,9 % von 46 Ohren) und 3 links (6,5 % von 46 Ohren); bei allen Patienten, bei denen sich eine Schalleitungsschwerhörigkeit auf der linken Seite zeigte, fand sich auch eine Schalleitungskomponente auf der rechten Seite (3 Patienten entsprechen 13,0 % von 23 Patienten). Bei einem Patienten mit Schalleitungskomponente beidseits (4,4 % von 23 Patienten) lag zusätzlich ein Hochtonsteilabfall beidseits vor. Bei einem weiteren Patienten (4,4 %) lag neben der rechtsseitigen Schalleitungskomponente ein zusätzlicher Hochtonsteilabfall vor und auf der Gegenseite ein Hochtondiagonalabfall. Bei dem letzten Patienten (4,4 %) lag rechts Hochtondiagonalabfall mit Schalleitungskomponente und links eine Normakusis vor.

Versucht man diese Diagnosen in einer Tabelle zusammenzufassen, kommt man zu folgender Darstellung:

**Tab. 14: Verteilung der Diagnosen der Ohren in der Subgruppe 1**

	In %	Anzahl n
Hochtonsteilabfall	30,4	14
Hochtondiagonalabfall	30,4	14
Pantonale SE-SH	19,6	9
Wannenförmige SE-SH	4,4	2

Tiefton SE-SH	4,4	2
Normakusis	2,2	1
Alleinige Schalleitungs-SH	8,7	4
Zusätzliche Schalleitungskomponente	8,7	4

Anm.: Summe n und Summe der Prozentangaben sind wegen der Angabe *zusätzliche Schalleitungskomponente* größer als 46 bzw. 100 %

#### 4.4 Subgruppenanalyse 2

Die nächste Subgruppe von Interesse, sind die Patienten, die in der Anamnese eine Lärmexposition angaben.

Wie in Tab. 4 ersichtlich gaben 36 Patienten (entspricht 35 % des Gesamtkollektivs) eine solche Lärmexposition an. 35 Patienten davon (97,2 %) waren männlich und lediglich ein Patient (2,8 %) weiblich. Das Alter der Patienten betrug im Minimum 33 Jahre und im Maximum 77 Jahre. Der Median betrug 60 Jahre, die erste Quartile lag bei 56 Jahren und die dritte bei 65,5 Jahren. 17 Patienten der zweiten Subgruppe (entspricht 47,2 % der Patienten dieser Subgruppe) verneinten sowohl eine subjektive Hörminderung als auch Verständnisprobleme im Hall. 6 Patienten (18,8 % der Patienten mit positiver Lärmanamnese) berichteten lediglich über Verständnisprobleme im Hall und 3 Patienten dieser Gruppe (entspricht 8,3 % der Subgruppe) berichteten lediglich über eine allgemeine, subjektive Hörminderung.

**Tab. 15: Audiometrische Testverfahren bei Subgruppe 2**

	Anzahl n	Median	1. Quartil	3. Quartil	Mittelwert	Standard- abweichung
<b>a (sauer) re</b>	36	7,0	4,3	10,3	7,5	4,5
<b>a (sauer) li</b>	36	7,2	5,5	11,7	8,2	4,9
<b>a (1) re</b>	36	20,0	12,0	30,0	23,9	17,7
<b>a (1) li</b>	36	20,0	15,0	28,8	22,7	13,2
<b>FF ohne SS</b>	36	80,0	60,0	88,8	72,1	24,8
<b>FF mit SS</b>	36	40,0	25,0	48,8	37,8	18,1
<b>Verständnis 60 dB re</b>	36	55,0	30,0	80,0	51,7	31,8
<b>Verständnis 80 dB re</b>	36	87,5	60,0	97,5	76,0	28,4
<b>Verständnis 100 dB re</b>	36	90,0	70,0	97,5	85,0	20,3
<b>Verständnis 60 dB li</b>	36	55,0	30,0	75,0	50,1	32,3
<b>Verständnis 80 dB li</b>	36	80,0	50,0	97,5	73,3	28,5
<b>Verständnis 100 dB li</b>	36	95,0	70,0	98,8	84,6	19,2
<b>Hörverlust re</b>	36	30,0	0,0	40,0	29,7	28,9
<b>Hörverlust li</b>	36	30,0	10,0	45,0	33,3	25,8
<b>Hörverlust (sauer) re</b>	36	30,0	10,0	50,0	33,3	30,2
<b>Hörverlust (sauer) li</b>	36	40,0	20,0	50,0	38,8	26,8
<b>GdS</b>	36	15,0	0,0	30,0	17,8	19,0
<b>GdS mit Sauer</b>	36	15,0	0,0	27,5	21,4	20,9

Die Diagnosen nach Auswertung der Hörtests dieser Subgruppe verteilen sich wie folgt:

**Tab. 16: Verteilung der Diagnosen der Ohren in der Subgruppe 2**

	In %	Anzahl n
<b>Hochtonsteilabfall</b>	41,7	15
<b>Hochtondiagonalabfall</b>	27,8	10
<b>Pantonale SE-SH</b>	13,9	5
<b>Wannenförmige SE-SH</b>	5,6	2
<b>Tiefton SE-SH</b>	0	0
<b>Normakusis</b>	11,1	4
<b>Alleinige Schalleitungs-SH</b>	0	0
<b>Zusätzliche Schalleitungskomponente</b>	0	0

Vergleicht man nun die Mediane dieser Subgruppe mit den Werten des Gesamtkollektivs, gelangt man zu folgender Tabelle:

**Tab. 17: Vergleich Mediane Subgruppe 2 mit Gesamtkollektiv**

	<b>Median Gruppe 1</b>	<b>Median Gruppe 2</b>	<b>Delta Median</b>	<b>p – Wert (Mann-Whitney)</b>
a (sauer) re	7,0	2,1	4,9	<b>&lt;0.001</b>
a (sauer) li	7,2	2,2	5,0	<b>&lt;0.001</b>
a (1) re	20,0	18,0	2,0	<b>0.001</b>
a (1) li	20,0	15,5	4,5	<b>&lt;0.001</b>
FF ohne SS	80,0	95,0	-15,0	<b>&lt;0.001</b>
FF mit SS	40,0	57,5	-17,5	<b>0.002</b>
Verständnis 60 dB re	55,0	75,0	-20,0	<b>0.021</b>
Verständnis 80 dB re	87,5	100,0	-12,5	<b>0.013</b>
Verständnis 100 dB re	90,0	100,0	-10,0	<b>0.001</b>
Verständnis 60 dB li	55,0	77,5	-22,5	<b>0.003</b>
Verständnis 80 dB li	80,0	100,0	-20,0	<b>0.004</b>
Verständnis 100 dB li	95,0	100,0	-5,0	<b>0.001</b>
Hörverlust re	30,0	20,0	10,0	0.109
Hörverlust li	30,0	10,0	20,0	<b>0.006</b>
Hörverlust (sauer) re	30,0	20,0	10,0	0.108
Hörverlust (sauer) li	40,0	20,0	20,0	<b>0.003</b>
GdS	15,0	0,0	15,0	<b>0.009</b>
GdS mit Sauer	15,0	0,0	15,0	<b>0.005</b>

**Anmerkung:** Gruppe 1 entspricht Subgruppe 2, d.h. Mediane aus Tab. 11 (n = 36)

Gruppe 2 entspricht Gesamtkollektiv - Subgruppe (n = 67)

Delta Median entspricht der optischen Differenz von Median Subgruppe 1 und Median Gesamtkollektiv - Subgruppe

Signifikante Unterschiede sind fett markiert.

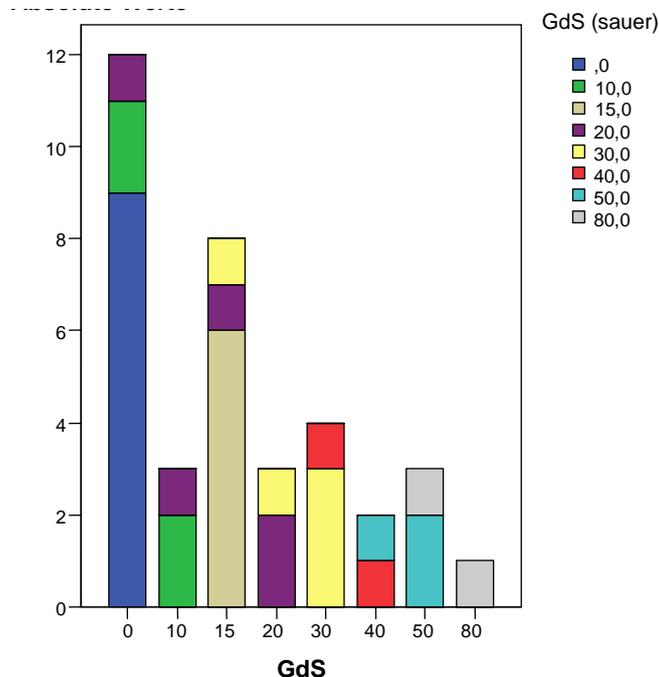
Es wird deutlich, dass die Werte für das Verständnis im Sauer-Test und das Zahlenverständnis im Freiburger Sprachverständlichkeitstest der Subgruppe höher sind als die des übrigen Gesamtkollektivs. Die Werte für das Verständnis in % für Einsilber sind sowohl im Freifeld mit und ohne Störgeräusch als auch im Einsilberverständnis im Freiburger Sprachverständlichkeitstest, sind in der Subgruppe niedriger als in der Vergleichsgruppe. Dies bedeutet, dass die Verständlichkeit für Einsilber wie auch für Zahlen in der Subgruppe geringer ist als im Gesamtkollektiv. Die Mediane für die Angaben des Hörverlustes mit und ohne Sauer-Test in %, sowie die Werte für den daraus resultierenden GdS, jeweils mit und ohne Einbeziehung des Sauer-Tests, sind daher in der Subgruppe höher als im Gesamtkollektiv.

Der GdS-Wert stieg bei zehn Patienten (entspricht 27,8 % der Subgruppe) unter Einbeziehung des Sauer-Tests an. Das bedeutet, dass 43,5 % der Patienten mit einer Veränderung des GdS-Wertes, eine positive Lärmanamnese hatten. Im Gesamtkollektiv ohne den Patienten mit einer positiven Lärmanamnese zeigten 19,4 % dieser Patienten eine Veränderung des GdS-Wertes.

**Tab. 18: Übersicht über Veränderungen des GdS-Wertes**

	N	Veränderungen des GdS-Wertes in %	Anzahl n der Veränderungen	Patienten mit Veränderung des GdS-Wertes in %
Patienten mit positiver Lärmanamnese	36	27,8	10	43,5
Patienten ohne positive Lärmanamnese	67	19,4	13	56,5
Gesamtkollektiv	103	22,3	23	100

Das folgende Diagramm stellt die Veränderungen grafisch dar:



**Abb. 32: Verteilung der GdS-Veränderungen der Subgruppe 2**

Die meisten Veränderungen fanden bei einem ursprünglichen GdS-Wert von 0 % statt, nämlich drei. Allerdings kam der GdS-Wert 0 % auch mit zwölfmal am häufigsten vor.

Bei einem GdS-Wert von 0 % änderten sich also 25 % (entspricht drei von  $n = 12$ ), davon zwei Werte auf einen GdS von 10 % und ein Wert auf einen GdS von 20 %. Zwei Veränderungen des GdS-Wertes, einmal um 5 % und einmal um 15 %, gab es bei einem ursprünglichen Wert von 15 % (entspricht 25 % von  $n = 8$ ). Jeweils eine Veränderung fand bei den Werten GdS = 10 % (entspricht 33,33 % von  $n = 3$ ), 20 % (entspricht 33,3 % von  $n = 3$ ), 30 % (entspricht 25 % von  $n = 4$ ), 40 % (entspricht 50 % von  $n = 2$ ) und 50 % (entspricht 33,3 % von  $n = 3$ ) statt. Außer bei dem ursprünglichen GdS-Wert von 50 %, bei welchem die Erhöhung 30 % betrug, erhöhten sich die anderen Werte jeweils um 10 %.

#### **4.5 Subgruppenanalyse 3**

Eine weitere wesentliche Fragestellung war, ob der Sauer-Test bei pankochleären und Hochton-Schwerhörigkeiten unterschiedlich ausfällt. Für das Zahlenverständnis ist das Tiefton-Gehör wesentlich (*Lehnhardt, 2001*), daher könnte man annehmen, dass sich bei pankochleären Schwerhörigkeiten ein unterschiedlicher Hörverlust errechnet als bei Hochton-Schwerhörigkeiten.

Die folgenden Tabellen zeigen die Ergebnisse sämtlicher audiometrischer Untersuchungen für Hochton-schwerhörige Ohren (Steil- und Diagonalabfall sind zusammengenommen) und pankochleär-schwerhörige Ohren.

**Tab. 19: Übersicht der audiometrischen Untersuchungen der Hochton-schwerhörigen Ohren**

	Anzahl n	Median	1.Quartil	3.Quartil	Mittelwert	Standart-abweichung
<b>a (sauer) re</b>	64	3,0	1,33	7,17	4,17	4,62
<b>a (sauer) li</b>	63	4,125	1,33	7,17	4,67	4,49
<b>a (l) re</b>	62	18,0	10,0	22,0	18,35	10,3
<b>a (l) li</b>	63	18,0	10,0	23,0	19,79	12,75
<b>FF ohne SS</b>	65	85,0	70,0	95,0	80,78	17,16
<b>FF mit SS</b>	65	42,5	30,0	60,0	45,95	22,29
<b>Verständnis 60 dB re</b>	66	60,0	40,0	80,0	57,71	28,77
<b>Verständnis 80 dB re</b>	66	90,0	65,0	100,0	81,27	22,58
<b>Verständnis 100 dB re</b>	66	95,0	85,0	100,0	90,08	16,57
<b>Verständnis 60 dB li</b>	66	65,0	30,0	80,0	57,8	29,64
<b>Verständnis 80 dB li</b>	66	90,0	65,0	100,0	79,32	24,82
<b>Verständnis 100 dB li</b>	66	95,0	80,0	100,0	87,03	20,56
<b>Hörverlust re</b>	66	20,0	0,0	30,0	21,95	23,04
<b>Hörverlust li</b>	66	20,0	0,0	40,0	25,17	23,69
<b>Hörverlust (sauer) re</b>	66	20,0	0,0	40,0	23,98	23,81
<b>Hörverlust (sauer) li</b>	66	20,0	10,0	40,0	29,07	25,99
<b>GdS</b>	66	10,0	0,0	15,0	12,12	15,79
<b>GdS mit Sauer</b>	66	10,0	0,0	20,0	14,22	17,54

Für das rechte Ohr betrug a(r) im Mittel 4,2 dB (Median 3,0 dB), für das linke Ohr a(l) im Mittel 4,7 dB (Median 4,1 dB). Der Hörverlust für Zahlen a(1) betrug rechts im Mittel 18,4 dB (Median 18,0 dB), links im Mittel 19,8 dB (Median 18,0 dB). Der prozentuale Hörverlust betrug rechts im Mittel 22,0 % (Median 20,0 %), links im Mittel 25,2 % (Median 20,0 %). Bei Verwendung des Sauer-Tests erhöhte sich der prozentuale Hörverlust rechts im Mittel um 2,0 % auf 24,0 %, links um 3,9 % auf 29,1 %, während der Median beidseits unverändert bei 20,0 % blieb. Der GdS, der für jeden Patienten einzeln berechnet wurde, ergab bei den hochtonschwerhörigen Patienten keine signifikanten Änderungen unter Berücksichtigung des Sauer-Tests: Der Mittelwert stieg um 2,1 % an, während sich der Median nicht änderte.

Die folgende Tabelle zeigt die tonschwellenaudiometrischen Daten der Gruppe der Patienten mit Hochton-Schwerhörigkeit:

**Tab. 20: Tonschwellenaudiometrisch bestimmte Hörschwellen der Patienten mit Hochton-Schwerhörigkeit (n = 66, 131 Ohren). Alle Angaben in dB.**

Frequenz [kHz]	Median	Mittelwert	Standardabweichung
0,250	15,0	16,6	15,1
0,5	15,0	16,8	15,2
1	20,0	23,9	16,6
2	45,0	45,0	22,3
3	60,0	57,1	21,5
4	65,0	63,6	20,2
6	70,0	68,0	21,0
8	70,0	69,9	22,9
10	80,0	79,7	24,3

**Tab. 21: Übersicht der audiometrischen Untersuchungen der pankochleär-schwerhörigen Ohren**

	Anzahl n	Median	1.Quartil	3.Quartil	Mittelwert	Standart-abweichung
<b>a (sauer) re</b>	12	11,8	1,6	20,0	11,5	7,5
<b>a (sauer) li</b>	12	11,3	3,0	20,0	12,0	7,2
<b>a (I) re</b>	12	50,0	30,0	60,0	45,77	14,56
<b>a (I) li</b>	12	50,0	30,0	55,0	44,62	17,50
<b>FF ohne SS</b>	12	50,0	5,0	80,0	50	39,42
<b>FF mit SS</b>	12	25,0	0,0	50,0	26,92	30,74
<b>Verständnis 60 dB re</b>	12	30,0	0,0	40,0	30,77	33,72
<b>Verständnis 80 dB re</b>	12	50,0	5,0	80,0	49,62	37,05
<b>Verständnis 100 dB re</b>	12	80,0	65,0	100,0	79,62	17,73
<b>Verständnis 60 dB li</b>	12	30,0	0,0	70,0	38,85	40,11
<b>Verständnis 80 dB li</b>	12	70,0	0,0	100,0	59,62	42,01
<b>Verständnis 100 dB li</b>	12	90,0	40,0	100,0	77,46	29,29
<b>Hörverlust re</b>	12	55,0	30,0	80,0	54,17	31,10
<b>Hörverlust li</b>	12	50,0	10,0	70,0	48,33	34,79
<b>Hörverlust (sauer) re</b>	10	60,0	30,0	100,0	61,67	33,80
<b>Hörverlust (sauer) li</b>	10	60,0	20,0	95,0	57,08	37,93
<b>GdS</b>	12	25,0	10,0	50,0	34,58	31,15
<b>GdS mit Sauer</b>	10	30,0	10,0	80,0	39,58	32,78

Für das rechte Ohr betrug  $a(r)$  im Mittel 11,5 dB (Median 11,8 dB), für das linke Ohr  $a(l)$  im Mittel 12,0 dB (Median 11,3 dB). Der Hörverlust für Zahlen  $a(1)$  betrug rechts im Mittel 45,8 dB (Median 50,0 dB), links im Mittel 44,6 dB (Median 50,0 dB). Der prozentuale Hörverlust betrug rechts im Mittel 54,2 % (Median 55,0 %), links im Mittel 48,3 % (Median 50,0 %). Unter Einbeziehung des Sauer-Tests erhöhte sich der prozentuale Hörverlust rechts im Mittel auf 61,7 % (Median 60,0 %), links auf 57,1 % (Median 60,0 %), was einem Anstieg des Mittelwerts um 6,5 % (rechts) bzw. 8,8 % (links) und des Medians um 5,0 % (rechts) bzw. 10,0 % (links) entspricht. Bei den pancochleär schwerhörigen Patienten kam es somit auch zu einer Erhöhung des GdS unter Berücksichtigung des Sauer-Tests: Mittelwert und Median stiegen beide um 5,0 % an.

Die folgende Tabelle zeigt die tonschwellenaudiometrischen Daten der Gruppe der Patienten mit pancochleärer Schwerhörigkeit:

**Tab. 22: Ton schwellenaudiometrisch bestimmte Hörschwellen der Patienten mit pancochleärer Schwerhörigkeit (n = 12, 24 Ohren). Alle Angaben in dB.**

Frequenz [kHz]	Median	Mittelwert	Standardabweichung
0,250	40,0	40,8	61,0
0,5	45,0	45,8	16,4
1	45,0	48,8	20,9
2	55,0	55,8	15,9
3	50,0	51,3	18,2
4	57,5	54,6	23,0
6	60,0	61,3	20,1
8	67,5	67,5	25,5
10	75,0	73,8	20,7

**Tab. 23: Vergleich der Mediane von prozentualem Hörverlust rechts (r) bzw. links (l) sowie des GdS ohne und mit Berücksichtigung des Sauer-Tests. p-Wert entsprechend dem Mann-Whitney-U-Test (Signifikanzniveau 0,05).**

	<b>P</b>
<b>Patienten mit Hochton-Schwerhörigkeit</b>	
<b>Hörverlust rechts</b>	0,33
<b>Hörverlust links</b>	0,24
<b>GdS</b>	0,23
<b>Patienten mit pancochleärer Schwerhörigkeit</b>	
<b>Hörverlust rechts</b>	0,18
<b>Hörverlust links</b>	0,17
<b>GdS</b>	0,32

Die statistische Analyse mittels Mann-Whitney-U-Test zeigte allerdings, dass sich sowohl bei den Hochton- als auch bei den pancochleär schwerhörigen Patienten mit und ohne Berücksichtigung des Sauer-Tests keine statistisch signifikanten Unterschiede im prozentualen Hörverlust und dem resultierenden GdS ergaben (siehe Tab.20).

#### **4.6 Bland-Altman's Methodenvergleich**

Der Bland-Altman Methodenvergleich ist eine graphische Darstellungsmethode für den Vergleich zweier Messmethoden. In dieser Sonderform eines Punktdiagramms werden die Differenzen der beiden Messmethoden (oder alternativ das Verhältnis) gegen den Mittelwert der beiden Methoden aufgetragen (*nach Bland, Altman, 1983 und 1986*).

Methode 1: Y = Variable 1 = s (GdS)

Methode 2: X = Variable 4 = v (GdS-Sauer)

*Korrelation der beiden Methoden (untransformierte Werte):*

Korrelationskoeffizient r = 0.9534

Bestimmtheitsmaß B = r<sup>2</sup> = 0.9089

Testgröße t der Korrelation = 31.7440

Überschreitungswahrsch. p = 0.000000

Stichprobenumfang  $n = 103$

Anzahl der Freiheitsgrade  $n-2 = 101$

Dies bedeutet, dass die Ergebnisse beider Methoden (GdS mit und ohne Einbeziehung des Sauer-Tests) stark miteinander korrelieren.

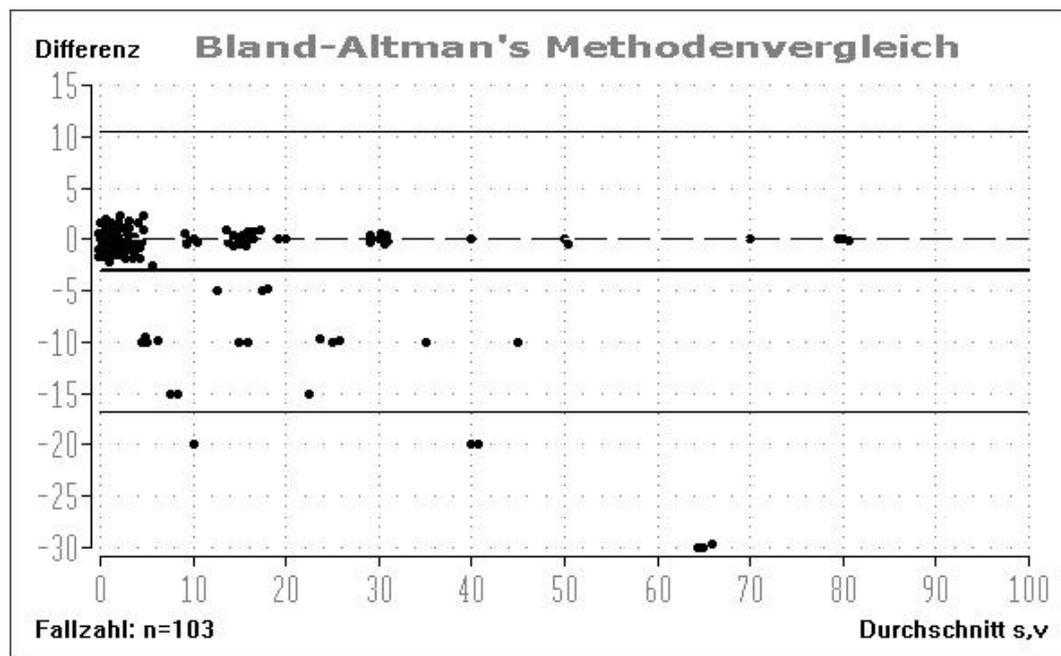
*Bland und Altman's Transformationen:*

Bland-Altman's Abszisse: Durchschnitt  $X'=(Y+X)/2$

(Das wird als „Goldstandard“ der beiden Methoden definiert.)

Bland-Altman's Ordinate: Differenzen  $Y'=Y-X$

(Dies entspricht der Abweichung der beiden Methoden voneinander.)



**Abb. 33: Bland-Altman's Methodenvergleich**

An dem Plot kann man einige Eigenschaften der beiden Methoden ablesen:

1. Es gibt keine systematische Verzerrung (sonst würde die Punktwolke „eine Richtung“ haben).
2. Die Differenzen der beiden Methoden liegen meist um die Nulllinie, d.h. sie messen (mehr oder weniger) dasselbe.

3. Die mittlere Differenz liegt bei ca. -3.1, d.h. der GdS mit Sauer-Test misst im Durchschnitt ca. 3.1 höher.
4. Wenn man um diese mittlere Differenz ein 95% Konfidenzintervall herumlegt, so erhält man die Grenzen [-4.4, -1.7]. Dies bedeutet, dass sich 95% der Differenzen in diesem Intervall befinden. Wenn man diese Grenzen noch als „Gleichwertigkeit der beiden Methoden“ bezeichnen kann, dann kann man beide Methoden als äquivalent betrachten.

Es zeigen sich jedoch auch einige Ausreißer, dies sind die Punkte, die sich außerhalb des eingezeichneten Bereiches (das ist das sog. Toleranzintervall) befinden. Diese Punkte stellen Probanden/Patienten dar, an denen sich beide Methoden stark voneinander unterscheiden.

*Durchschnitte, Streuung und Extrema der Differenzen:*

Durchschnitt =	-3.1068
Streuung $s^2$ =	46.6257
Standardabw. $s$ =	6.8283
Minimum min =	30.0000
Maximum max =	0.0000
Spannweite R =	30.0000

*Test auf Unterschied der beiden Methoden (t-Test für die Differenzen):*

Student's Prüfgröße  $t = 4.6176$  mit  $df=102$  (  $p = 0.000011$  )

(Das bedeutet, dass die beiden Methoden im Durchschnitt zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen.)

*Test auf Äquivalenz der beiden Methoden (Intervall-Inklusionsregel):*

Lässt man als mittlere Differenz der beiden Methoden noch einen Bereich von maximal [-delta, +delta] zu ("Äquivalenzbereich") und liegt eines der folgenden Konfidenzintervalle vollständig in diesem Äquivalenzbereich, so kann mit  $\alpha = (1-$

P)/2 auf Äquivalenz der Methoden geschlossen werden (z.B. bei  $P = 0.90$  mit  $\alpha = 0.05$ ).

*Konfidenzintervalle für die mittlere Differenz:*

P=0.95: Untere Grenze = -4.4413      Obere Grenze = -1.7723

P=0.99: Untere Grenze = -4.8729      Obere Grenze = -1.3407

*Toleranzbereiche für die Differenzen:*

P=0.95: Untere Grenze = -16.7163      Obere Grenze = 10.5027

P=0.99: Untere Grenze = -21.1171      Obere Grenze = 14.9035

## 5 Diskussion

Das Hören ist insbesondere aufgrund der wesentlichen Bedeutung der Sprache für die Kommunikation wichtig. Beeinträchtigungen des Gehörs führen zu Defiziten in der Kommunikationsfähigkeit. Vor diesem Hintergrund ist die große gesellschaftliche und individuelle Bedeutung von Schwerhörigkeit und beeinträchtigenden Ohrgeräuschen zu sehen. Über rein kommunikative Probleme hinaus kann Schwerhörigkeit auch zu kognitiven Verarbeitungs- und Funktionsstörungen, sozialer Isolierung, reduziertem Selbstvertrauen, Verlust an individueller Unabhängigkeit und Depressionen führen und hat im Allgemeinen Einschränkungen im privaten und beruflichen Bereich mit erheblichen Einbußen an Lebensqualität zur Folge (*Streppel et al, 2006*).

Die häufigsten Ursachen für Hörstörungen sind Lärmbelastungen am Arbeitsplatz und in der Freizeit. Nach Angaben der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) sind in Deutschland etwa fünf Millionen Berufstätige während der Arbeit gehörschädigendem Lärm oberhalb von 85dB(A) ausgesetzt. Langfristig gesehen ist durch die Einführung und bessere Umsetzung von Lärmschutzvorschriften und die Bestimmungen des Gerätesicherheitsgesetzes die Lärmbelastung am Arbeitsplatz gesunken (*Streppel et al, 2006*). Laut Aussage des Zentralen Informationssystems der gesetzlichen Unfallversicherung 2005 betrafen zwei Drittel der Anerkennungen über 55-jährige.

Die Gründe für die immer noch große Zahl gemeldeter Verdachtsfälle berufsbedingter Lärmschwerhörigkeit liegen unter anderem in der mangelnden Kennzeichnung der entsprechenden Arbeitsbereiche. Auch dem inkonsequenten Gebrauch von Gehörschutz, welcher von den Arbeitenden oft als störend und die Kommunikation beeinträchtigend empfunden wird, kommt eine große Bedeutung zu (*Streppel et al, 2006*). Die strikte Einhaltung der bestehenden Vorschriften zum Lärmschutz ist von großer Wichtigkeit. Selbst bei kurzen Aufenthalten im Arbeitsbereich sollte konsequent Lärmschutz getragen werden. Auch die Vorbildfunktion von Betriebsleitungen, Betriebsärztinnen und -ärzten muss gestärkt werden. Gemäß dem »Gesetz über Betriebsärzte, Sicherheitsingenieure und andere Fachkräfte für Arbeitssicherheit« (ASiG) haben diese die Aufgabe, beim Arbeitsschutz und bei der Unfallverhütung zu beraten und zu unterstützen (*Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2001*). Im SGB VII §22 ist der Einsatz von Sicherheitsbeauftragten geregelt, die u.a. auf Gesundheitsgefahren aufmerksam machen und Maßnahmen zur Verhütung von

Unfällen und Berufskrankheiten kontrollieren und unterstützen sollen (*Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2001*). Darüber hinaus muss die gesundheitliche Aufklärung der Betroffenen stärker in den Vordergrund treten. Entsprechende Aktivitäten existieren seit vielen Jahren z. B. durch die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) (*Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2001*).

Die berufsbedingte Lärmschwerhörigkeit zählt in Deutschland zu den “führenden” Berufskrankheiten. Dies lässt sich jährlich aus den statistischen Daten zum Berufskrankheitengeschehen ableiten (*Jansing, 2006*). Sie ist sowohl eine der am häufigsten angezeigten, wie auch eine der am häufigsten anerkannten Berufserkrankungen. Zu den schon erwähnten sozialen Folgen kommen die wirtschaftlichen Folgen, durch die lange Leistungsdauer dieser Berufskrankheit. *Jansing* weist darauf hin, dass die Gesamtaufwendungen für die BK Lärm sogar die Aufwendungen für bösartige Neubildungen infolge von Asbestexpositionen übersteigen.

Ärztliche Sachverständige, die das Vorliegen einer Lärmschwerhörigkeit prüfen, müssen bei festgestellter Erkrankung eine Aussage über den ursächlichen Zusammenhang mit der beruflichen Tätigkeit und über die durch den Gehörschaden bedingte Minderung der Erwerbsfähigkeit (MdE) treffen (*Königsteiner Empfehlung, 2012*).

Laut *Königsteiner Empfehlung (Stand März 2012)* ist die Erstattung einer ärztlichen Anzeige in jedem Fall dann begründet, wenn der Versicherte

- eine Reihe von Jahren unter gehörfährdenden Lärmbedingungen tätig war,
- die Hörfunktionsstörung dem Bild einer lärmbedingten Schwerhörigkeit (Innenohrschwerhörigkeit, Symmetrie, c5-Senke) entspricht und
- nach dem Tonaudiogramm die Voraussetzungen für eine Hörgeräteversorgung gegeben sind.

In der gesetzlichen Unfallversicherung wird das Ausmaß der Schädigung durch den abstrakten Begriff des Grades der Schädigungsfolgen (GdS) bemessen. Dieser Begriff löste 2007 den bis dato gültigen Begriff der Minderung der Erwerbsfähigkeit (MdE) ab. Die Begriffsänderung sollte die notwendige kausale Folge der schädigenden Ursache auf den folgenden, zu entschädigenden, Gesundheitsschaden unterstreichen. Grundlage für die Begutachtung ist die sogenannte “Königsteiner Empfehlung” (vormals

Königsteiner Merkblatt). Diese hat den Anspruch, den aktuellen medizinischen Erkenntnisstand zusammenzufassen und die in der Vergangenheit herausgearbeiteten allgemeinen Erfahrungssätze zur GdS-Einschätzung wiederzugeben (*Königsteiner Empfehlung, 2012*). Folgende Untersuchungen werden in den Königsteiner Empfehlungen für eine angemessene Begutachtung empfohlen: Eigen-, Familien-, sowie Arbeitsanamnese, komplette Spiegeluntersuchung (Nase, Epipharynx, Mundhöhle), Ohrmikroskopie einschließlich Prüfung der Beweglichkeit der Trommelfelle und der Tubendurchgängigkeit, Stimmgabelprüfung, Tonschwellenaudiometrie, mindestens zwei überschwellige Testmethoden zur Differentialdiagnose, Sprachaudiometrie, Hörweitenprüfung und Prüfung auf Spontan- und Provokationsnystagmus. Röntgenuntersuchungen sollen nur bei spezieller Indikation vorgenommen werden. Bei Verdacht auf Simulation sollten zusätzlich Simulationstests wie z.B. akustisch evozierte Potentiale oder/ und otoakustische Emissionen durchgeführt werden.

Das Sprachaudiogramm bildet hierbei nach wie vor die wichtigste Grundlage für die Bewertung des Grades der Schädigungsfolgen (GdS). Der Sprachtest wird monaural über Kopfhörer mittels Zahlen und Einsilber des Freiburger Tests im störpegelfreien Raum durchgeführt. Mit dem Freiburger Zahlentest wird ein „Hörverlust für Zahlen“ bestimmt, und die mit dem Freiburger Einsilberstest bei 60, 80 und 100 dB ermittelten Ergebnisse für das Sprachverstehen werden zum Gesamtwortverstehen oder dem gewichteten Gesamtwortverstehen zusammengefasst (*Sukowski et al, 2013*). Eine audiologische Untersuchung im Störgeräusch ist in der heute empfohlenen Diagnostik der Begutachtung der Lärmschwerhörigkeit nicht vorgesehen. Es bestehen allerdings Zweifel, ob dieses Vorgehen eine ausreichende Einschätzung des Hörvermögens erlaubt, da nicht berücksichtigt wird, dass das Hören im Alltag immer mit beiden Ohren und in der Regel im Störgeräusch erfolgt (*Feldmann, 2006*). Von hörgeschädigten Patienten wird zudem häufig gerade die eingeschränkte Sprachverständlichkeit im Störschall („Cocktailparty-Effekt“) sowie im Hall als im Alltag besonders störend empfunden. Vor allem bei geringgradig Schwerhörenden mit einem Hochtonverlust liegt oftmals (zunächst) nur in dieser Situation eine Beeinträchtigung vor, die mit einer Messung in Ruhe nicht erfasst werden kann (*Sukowski et al, 2013*).

*Probst (2013)* und *Plomp (1986)* weisen zudem darauf hin, dass Zahlen praktisch keine zusätzliche Information zum Hörvermögen liefern und diese nur die im Tonaudiogramm erhobenen Befunde bestätigen: Je mehr Silben das Sprachmaterial in Ruhe aufweist,

desto besser korreliert diese audiometrische Dimension mit der Tonschwellenaudiometrie (Probst, 2013). Die audiometrische Dimension des Sprachverstehens mit Hintergrundgeräusch hingegen erweitert die Information über das Hörvermögen und liefert wesentliche Zusatzinformation zur klassischen Tonaudiometrie (Plomp, 1986).

Der beidohrige Zahlentest bei 70 dB Störgeräusch (BZT, "Sauer-Test"), war in der ehemaligen DDR ein fester Bestandteil bei der Begutachtung von Lärmschwerhörigkeit. Durch Messen der Verständlichkeit des Freiburger Zahlentests in einem Störgeräusch soll der BZT eine Aussage über das akustische Selektionsvermögen treffen (Sauer, 1982) und so den besonderen Belastungen Hörgeschädigter gerecht werden (Sauer, 1992). Wichtigste messtechnische Grundlage in der Begutachtung war auch in der ehemaligen DDR die Sprachaudiometrie mit dem Freiburger Sprachtest. Es wurde ebenfalls ein prozentualer Hörverlust für jedes Ohr mittels Tabelle von Boenninghaus und Röser (1973) ermittelt. Statt der Begriffe MdE bzw. GdS wurde in der ehemaligen DDR der Begriff "Körperschaden" (KS) verwendet. Für die Bemessung des Körperschadens bei Hörstörungen galt eine Tabelle, die Lessing 1969 in Modifikation der Tabelle von Feldmann (1962) entwickelt hatte: die Bezeichnung der Schwerhörigkeitsgrade war zum Teil abweichend und anders definiert, die Zuordnung der prozentualen Hörverluste zu den Schwerhörigkeitsgraden war anders gestaffelt (Sauer, 1992).

Audiologisch versierte Kollegen aus der ehemaligen DDR haben immer wieder moniert, dass der BZT nach der Wiedervereinigung nicht in die Begutachtung integriert wurde. In den vergangenen Jahren wurden unterdessen neue Sprachtests auch im Störgeräusch entwickelt, wie der Oldenburger Satztest, der Göttinger Satztest oder der WaKo-Einsilber-Reimtest (Sukowski et al, 2009). Diese Tests sind allerdings nicht für gutachterliche Fragestellungen validiert, insbesondere fehlen Tabellen zur Ermittlung des prozentualen Hörverlusts, die von Berufsgenossenschaften, Versicherungen und Gerichten anerkannt werden.

Daher wurde in dieser Arbeit der Stellenwert des BZT untersucht, der zumindest die Situation im Störgeräusch widerspiegelt und problemlos mit den etablierten Tabellen zur Berechnung des prozentualen Hörverlusts und des GdS eingesetzt werden kann.

Wir untersuchten, ob bzw. in welchem Ausmaß sich der GdS bei schwerhörigen Patienten unter Einbeziehung des BZT ändert. Da für die Zahlenverständlichkeit das

Hörvermögen im tiefen und mittleren Frequenzbereich ausschlaggebend ist (*Braun et al., 2011*), nahmen wir an, dass eine Einbeziehung des BZT in die GdS-Berechnung unterschiedliche Auswirkungen bei Patienten mit Hochton- und mit pankochleären Schwerhörigkeiten ergeben würde. Diese zwei Patientenkollektive wurden daher getrennt analysiert und miteinander verglichen.

In einem Kollektiv von 103 schwerhörigen Patienten, die zur Begutachtung einer Schwerhörigkeit vorstellig waren, sowie einer normalhörenden Kontrollgruppe von 22 Personen wurden neben dem BZT folgende audiometrische Verfahren durchgeführt: Hörschwellenmessung (Luft- und Knochenleitung), Sprachaudiometrie (Freiburger Sprachtest), Freifeldmessung bei 65 dB ohne und mit Störgeräusch (60 dB Breitbandrauschen). Anschließend wurde der prozentuale Hörverlust seitengetrent jeweils mit und ohne Berücksichtigung des BZT errechnet und damit der jeweilige GdS bestimmt.

Unter Einbeziehung des BZT erhöhte sich in der Gruppe der Patienten mit Hochtonschwerhörigkeit der prozentuale Hörverlust rechts im Mittel um 2,0 % auf 24,0 % und links um 3,9 % auf 29,1 %, während der Median beidseits unverändert blieb (20 % beidseits). Der GdS, der für jeden Patienten einzeln berechnet wurde, ergab bei den hochtonschwerhörigen Patienten keine signifikanten Änderungen unter Berücksichtigung des BZT: der Mittelwert stieg um 2,1 % an, der Median änderte sich nicht.

In der Gruppe der Patienten mit pankochleärer Schwerhörigkeit, erhöhte sich der prozentuale Hörverlust unter Einbeziehung des BZT, auf der rechten Seite um 6,5 % auf 61,7 % und auf der linken Seite um 8,8 % auf 57,1 %. Der Median stieg rechts von 55,0 % auf 60,0 % und links von 50,0 % auf 60,0 %. In dieser Gruppe kam es auch zu einer Erhöhung des GdS unter Berücksichtigung des BZT: Mittelwert und Median stiegen beide um 5,0 % an.

Die statistische Analyse mittels Mann-Whitney-U-Test zeigte allerdings, dass sich sowohl bei Hochton- als auch bei den pankochleär schwerhörigen Patienten mit und ohne Berücksichtigung des BZT keine statistisch signifikanten Unterschiede im prozentualen Hörverlust und dem daraus resultierenden GdS ergaben. Zudem wurde zum Vergleich des konventionell berechneten GdS und des GdS mit BZT ein Bland-Altman-Methodenvergleich durchgeführt. Dabei werden die Differenzen der beiden Messmethoden gegen den Mittelwert der beiden Methoden in einem Punktdiagramm

aufgetragen (nach Bland, Altman, 1983 und 1986). Dabei ergab sich bei allen schwerhörigen Patienten ein Korrelationskoeffizient von  $r=0,95$ , sowie ein Bestimmtheitsmaß von  $B=0,91$ . Dies bedeutet, dass beide Verfahren zur GdS-Berechnung stark miteinander korrelieren.

Für den einzelnen Patienten bzw. zu Begutachtenden sind statistische Auswertungen jedoch nicht immer ausschlaggebend. Insgesamt fanden sich bei 23 Patienten Veränderungen des GdS: in 3 Fällen um 5%, in 11 Fällen um 10% und jeweils in 3 Fällen um 15, 20 und 30%.

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse kann der BZT zur Begutachtung der Hochtonschwerhörigkeit, also auch der Lärmschwerhörigkeit, nicht empfohlen werden, da in der Regel keine statistisch relevante Änderung des GdS zu erwarten ist. Bei Patienten mit pankochleärer Schwerhörigkeit und Kommunikationsstörungen im Störgeräusch könnte der BZT jedoch Berücksichtigung finden, da diese Patienten dadurch durchaus profitieren können. In der Gruppe der pankochleär Schwerhörigen zeigte sich durchschnittlich eine Erhöhung des GdS um 5%. Im Einzelfall teilweise sogar bis zu 30%. Diese Änderungen konnten jedoch nicht mit statistischen Methoden bestätigt werden. Dies ist wahrscheinlich durch die relativ geringe Fallzahl ( $n=12$ ) in dieser Subgruppe bedingt. In einer Folgestudie könnte man diese spezielle Fragestellung mit einer größeren Patientengruppe aufgreifen und versuchen, einen gesicherten statistischen Zusammenhang zu finden.

*Sukowski et al (2013)* beschäftigten sich in einer Arbeit mit dem Einsatz neuer Testverfahren zur Erfassung des Sprachverstehens in Ruhe. In dieser Studie wird überprüft wie sich der Einsatz der moderneren Verfahren auf die Abschätzung des GdS auswirkt. Kritik wird hier vorwiegend am Freiburger Sprachtest geübt: Die Testlisten sind nicht gleich schwierig und phonetisch nicht ausgeglichen; die Aussprache der Testwörter wird als unnatürlich oder überartikuliert empfunden (*Sukowski et al, 2013*).

*Sukowski et al.* kommen in ihrer Arbeit zu dem Ergebnis, dass moderne audiometrische Testverfahren wie der Göttinger Satztest (GöSa) oder der Einsilber-Reimtest von Wallenberg und Kollmeier (WaKo) als Alternative zum Freiburger Satztest in der Begutachtung eingesetzt werden können. Die bisherigen Tabellen zur GdS-Abschätzung können dabei weiterhin verwendet werden. Die Anwendung modernerer Verfahren hatten im Mittel nur geringe Auswirkungen auf die Höhe des GdS (*Sukowski et al, 2013*). Insgesamt ist im Hinblick auf eine möglichst gerechte Erfassung des

Sprachverstehens zusätzlich zur Modernisierung der Sprachverstehenstests in Ruhe auch eine Ergänzung um eine Messung des Sprachverstehens im Störgeräusch wünschenswert (*Sukowski et al, 2013*). Eine Folgestudie die den BZT und modernere, reliable audiometrische Testverfahren wie den GöSa oder den WaKo kombiniert, wäre dabei sicherlich interessant.

Die Entwicklung moderner sprachaudiometrischer Testverfahren im Störgeräusch wäre sicherlich ein großer und wesentlicher Schritt auf dem Weg zu einer Aktualisierung bei der Erfassung des Sprachverstehens in der Begutachtung.

## 6 Zusammenfassung

**Hintergrund:** Im Rahmen einer Begutachtung bei Schwerhörigkeit werden zur Ermittlung der Sprachverständlichkeit Zahlen- und Einsilbertest des Freiburger Sprachtests empfohlen. In der ehemaligen DDR war zusätzlich der sog. Sauer-Test, ein binauraler Zahlentest bei 70 dB Störgeräusch, Standard in der Begutachtung und floss in die Ermittlung des Körperschadens mit ein. In der heutigen Begutachtungspraxis fehlt derzeit noch eine solche Messung im Störgeräusch. In der vorliegenden Studie sollte untersucht werden, ob und in welchem Ausmaß sich der Grad der Schädigungsfolgen (GdS) unter Einbeziehung des Sauer-Tests ändert.

**Material und Methoden:** In einem Kollektiv von 103 schwerhörigen Patienten, sowie bei 22 normalhörenden Kontrollpersonen wurden folgende audiometrische Verfahren durchgeführt: Hörschwellenmessung, Sprachaudiometrie (Freiburger Sprachtest), Freifeldmessung mit und ohne Störgeräusch sowie der Sauer-Test. Anschließend wurde der Hörverlust seitengetreunt jeweils mit und ohne Berücksichtigung des Sauer-Tests errechnet und die jeweiligen GdS-Werte festgestellt.

**Ergebnisse:** Bei 23 Personen stieg der GdS unter Einbeziehung des Sauer-Tests an. Der GdS-Wert stieg bei zehn Patienten der Lärmexponierten (entspricht 27 % aller Lärmexponierten) unter Einbeziehung des Sauer-Tests an. Das bedeutet, dass 44 % der Patienten mit einer Veränderung des GdS-Wertes, eine positive Lärmanamnese hatten. Im Gesamtkollektiv ohne den Patienten mit einer positiven Lärmanamnese zeigten 19 % dieser Patienten eine Veränderung des GdS-Wertes. Patienten mit Hochton-Schwerhörigkeit bzw. mit pankochleärer Schwerhörigkeit hatten unter Berücksichtigung des Sauer-Tests einen tendenziell (ca. 2 % bzw. 5 %) höheren GdS verglichen mit dem gängigen Verfahren ohne Störgeräusch.

Im Mann-Whitney-U-Test lag jedoch kein statistisch signifikanter Unterschied vor, auch die Bland-Altman-Analyse zeigte keinen relevanten Unterschied der zwei Methoden zur GdS-Berechnung.

**Schlussfolgerungen:** Nach den Ergebnissen der vorliegenden Studie kann eine routinemäßige Anwendung des Sauer-Tests zur Begutachtung nicht empfohlen werden, da keine wesentliche Änderung des GdS zu erwarten ist. Dies betrifft besonders die Hochton-Schwerhörigkeiten. Bei pankochleären Schwerhörigkeiten kann der Sauer-Test bei Vorliegen von Kommunikationsstörungen im Störgeräusch berücksichtigt werden,

zumindest bis modernere Sprachtests im Störgeräusch in die Begutachtung integriert sind.

## 7 Literaturverzeichnis

- Aktueller Bericht der Bundesregierung über den Stand von Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit und über das Unfall- und Berufskrankheitengeschehen in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 2004, BMAS S. 185
- Altman, D., Bland, J.: Measurements in Medicine: The Analysis of Method Comparison Studies, *The Statistician* 32,3, 1983, S.307-318
- Axmann, J., Klemm, W.: Wirkung der Sauerstoff-Mehrschritt-Therapie nach M.v. Ardenne auf die individuelle Lärmempfindlichkeit (TTS), Bilaterales Symposium Audiologie DDR, Ungarn, Cottbus, 1988
- Berghaus, A., Rettinger, G., Böhme, G.: Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde, Hippokrates, Stuttgart, 1996
- Bland, J., Altman, D.: Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurements, *Lancet*, 1986
- Braun, T., Dochtermann, S., Krause, E.: Korrelation von Tonschwellenaudiogramm und Hörverlust für Zahlen: Vergleich dreier Rechenvarianten zur gutachterlichen Plausibilitätsprüfung. *HNO* 59:908-914, 2011
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Ratgeber zur Ermittlung gefährdungsbezogener Arbeitsschutzmaßnahmen im Betrieb. Handbuch für Arbeitsschutzfachleute, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Sonderschrift, S. 42, Verlag für neue Wissenschaft, Bremerhaven, 2001
- Bundesärztekammer: Stellungnahme des Wissenschaftlichen Beirates, Gehörschäden durch Lärmbelastungen in der Freizeit, *Deutsches Ärzteblatt* 96, 16, 1999, S.1081-1084
- Bundesrat: BR-Drs. 541/07. 10. August 2007, S. 2, 80
- Dieroff, H.: Lärmschwerhörigkeit, Gustav Fischer, Jena, 1994
- Dieroff, H.: Sozioakusis und Impulslärm, *HNO-Praxis*, 4, 1997, S.494-499
- Feldmann, H., Albery, J., Brusis, T., Deitmer, T., Delank, K., Hartmann, S., Hüttenbrink, K., Stoll, W.: Das Gutachten des Hals-Nasen-Ohren-Arztes, Thieme, Stuttgart, 2006
- Grouven, U., Bender, R., Ziegler, A., Lange, S.: Vergleich von Messmethoden, *Dtsch Med Wochenschr* 132, 2007, S.69-73
- Hempel, J.-M.: Untersuchungen einer humoralen und zellulären Immunreaktivität gegen Hitzeschockprotein 70 bei Patienten mit Innenohrschwerhörigkeit, LMU München, 2002
- Kowalska, S., Sulkowski, W.: Actual and perspective activities of the European Union concerning protection against noise, *Med Pr* 48 (6), 1997, S.703-712
- Lehnhardt, E., Laszig, R.: Praxis der Audiometrie, Thieme, Stuttgart, 2001

- Mrowinski, D., Scholz, G.: Audiometrie, Thieme, Stuttgart, 2002
- Plomp, R.: A signal-to-noise ratio model for the speech-reception threshold of the hearing impaired, *J Speech Hear Res* 29: 146-154, 1986
- Plontke, S., Zenner, H.: Aktuelle Gesichtspunkte zu Hörschäden durch Berufs- und Freizeitlärm, *Laryngo-Rhino-Otologie* S1, 2004, S.123-164
- Probst, R.: Moderne Sprachaudiometrie in der Begutachtung?, *HNO* 61:12-13, 2013
- Röser, D.: Das Tonaudiogramm als Grundlage für die MdE-Skala, *Laryng.Rhinol.* 52, 1973, S.666
- Röser, D.: Schätzung des prozentualen Hörverlustes nach dem Tonaudiogramm, In: Fragen der Begutachtung nach dem Königsteiner Merkblatt, Schriftenreihe des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Bonn, 1980
- Röser, D.: Prozentualer Hörverlust aus dem Tonaudiogramm für die Begutachtung, *Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed.* 22, 1987, S.128
- Sauer, U.: Hörprüfverfahren für das beidohrige Hören im Störgeräusch, *Verkehrsmedizin* 29, 1982, S.12
- Sauer, U.: Auswirkung verschiedener Begutachtungsempfehlungen auf den Körperschaden (KS) bzw. die Minderung der Erwerbsfähigkeit (MdE) bei berufsbedingten Lärmschäden, *Arbeitsmed. Sozialmed. Präventivmed.* 27, 1992, S.59
- Sauer, U.: Beidohriger Zahlentest im Störgeräusch: Prinzip-Anwendung-Ergebnisse, In: Kollmer, B. (Hrsg.): *Moderne Verfahren der Sprachaudiometrie*, Median, Heidelberg, 1992
- Streppel, M., Walger, M., von Wedel, H.: Hörstörungen und Tinnitus, Gesundheitsberichterstattung des Bundes, Heft 29, Robert Koch Institut, Hamburg, 2006
- Sukowski, H., Brand, T., Wagener, K.C., Kollmeier, B.: Vergleichbarkeit des Freiburger Satztests mit dem Göttinger Satztest und dem Einsilber-Reimtest nach von Wallenberg und Kollmeier, *HNO* 57:239-250, 2009
- Sukowski, H., Wagener, K.C., Thiele, C.: Der Einsatz neuer Testverfahren zur Erfassung des Sprachverstehens in Ruhe bei der Begutachtung erworbener Schwerhörigkeiten, *HNO* 61: 14-24, 2013
- Thiele C., Sukowski H., Wagener K.: Hörverlustbestimmung und MdE-Abschätzung unter Einbezug von Sprachverständlichkeitsmessungen im Störgeräusch. *HNO* 59:1111-1117, 2011
- Ward, W.: Current exposure standards; Interaction of exposures; Critical exposures; Morphology of TTS and PTS; Proceed, *Noise as a public health problem* Vol.1, 1993, S. 46
- von Wedel, H.: Untersuchungen zum Freiburger Sprachtest: *Audiologische Akustik*, 25, 1986, S. 60-73

## 8 Danksagung

Ich möchte mich hiermit bei Herrn Prof. Dr. med. Alexander Berghaus, Leiter der Klinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde der Ludwig-Maximilians Universität München, bedanken, der mir die Möglichkeit gegeben hat, diese Arbeit unter seiner Leitung durchzuführen.

Frau Prof. Dr. med Karin Schorn und Herrn Dr. med. John-Martin Hempel danke ich besonders für die Themastellung, die hervorragende Betreuung und ihre ständige Diskussions- und Hilfsbereitschaft.

Meiner Frau Jule danke ich für die uneingeschränkte, liebevolle und vielseitige Unterstützung und die mühevollen Arbeit des Korrekturlesens.

Besonderen Dank auch an meine Eltern, den Rest meiner Familie und meinen Freunden für die uneingeschränkte Unterstützung während meines Studiums und Arbeitslebens, ohne die diese Arbeit so nicht möglich gewesen wäre.

Für Aaron und Nikolai.

## Eidesstattliche Versicherung

Leisering, Burkhard

Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt,

dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema:

Beidohriger Zahlentest im Störgeräusch nach Sauer - Stellenwert in der Begutachtung

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und

alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

Berlin, 23.07.2014

Ort, Datum

Unterschrift Doktorandin/Doktorand