

Aus der Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde

der Ludwig-Maximilians-Universität München

Direktor: Prof. Dr. med. A. Berghaus

- 1) **Überprüfung der Plausibilitätsprüfung zwischen dem Tonaudiogramm und dem Sprachaudiogramm in insgesamt drei Gruppen (normalhörende, schwerhörige und zu begutachtende Patienten)**
- 2) **Überprüfung der Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) ab 1 kHz, 2 kHz und 3 kHz und dem Einsilberverstehen bei 65 dB anhand der schwerhörigen Patienten**
- 3) **Überprüfung der Korrelation zwischen dem Sprachaudiogramm und dem Tonaudiogramm im mittleren und hochfrequenten Bereich anhand der zu begutachtenden Patienten**

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Zahnmedizin

an der Medizinischen Fakultät der

Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Stefanie Martina Dochtermann

aus

Memmingen

2013

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter : Prof. Dr. med. Alexander Berghaus

Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. Karin Schorn  
Prof. Dr. med. Andreas Riederer  
Priv. Doz. Dr. med. Jesus Bujia

Mitbetreuung durch den  
promovierten Mitarbeiter: Dr. med. John Martin Hempel

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

Tag der mündlichen Prüfung: 24.06.2013

In Dankbarkeit und Liebe  
meinen Eltern gewidmet

# **I INHALTSVERZEICHNIS**

I	INHALTSVERZEICHNIS .....	I
II	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....	V
<b>1</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
1.1	Aktuelle Daten und Fakten der Lärmschwerhörigkeit .....	1
1.2	Anatomie und Physiologie des Innenohres .....	3
1.3	Ursachen von Innenohrschwerhörigkeit.....	6
1.3.1	Akustische Traumen.....	6
1.3.1.1	Akute Lärmtraumen .....	7
1.3.1.2	Chronische Lärmtraumen.....	8
1.3.2	Pseudohypakusis .....	9
1.3.3	Sonstige Ursachen.....	10
1.4	Arten der Schwerhörigkeit .....	12
1.5	Nachweis einer Schwerhörigkeit.....	13
1.5.1	Subjektive Testverfahren .....	13
1.5.1.1	Stimmgabelprüfung nach Rinne und Weber .....	13
1.5.1.2	Tonaudiometrie .....	14
1.5.1.3	Überschwellige Tonaudiometrie .....	15
1.5.1.4	Sprachaudiometrie.....	17
1.5.2	Objektive Testverfahren.....	18
1.5.2.1	Impedanzaudiometrie: Tympanogramm, Stapediusreflex .....	18
1.5.2.2	Otoakustische Emissionen .....	20
1.5.2.3	Akustische evozierte Potenziale (AEP).....	21
1.6	Voraussetzungen und Ziele .....	22
<b>2</b>	<b>PATIENTEN UND METHODIK.....</b>	<b>26</b>
2.1	Patientenkollektiv.....	26
2.1.1	Normalhörende Patienten.....	26

2.1.2	Schwerhörige Patienten.....	27
2.1.3	Gutachtenpatienten.....	28
2.2	Geräte .....	30
2.2.1	Geräte der subjektiven Testverfahren .....	30
2.2.2	Geräte der objektiven Testverfahren .....	31
2.2.3	Sonstiges Material.....	31
2.3	Methodik .....	32
2.3.1	Allgemeine Vorgehensweise.....	32
2.3.2	Methodik der normalhörenden Patienten .....	33
2.3.3	Methodik der schwerhörigen Patienten.....	34
2.3.4	Methodik der Gutachtenpatienten .....	36
2.4	Statistische Analyse .....	38
<b>3</b>	<b>ERGEBNISSE .....</b>	<b>41</b>
<b>3.1</b>	<b>Substudie 1: Überprüfung der Plausibilitätsprüfung zwischen dem Ton- und Sprachaudiogramm.....</b>	<b>41</b>
3.1.1	Deskriptive Statistik aller Patientengruppen .....	41
3.1.1.1	Deskriptive Statistik: Normalhörende Patienten .....	41
3.1.1.2	Deskriptive Statistik: Schwerhörige Patienten .....	43
3.1.1.3	Deskriptive Statistik: Gutachtenpatienten .....	45
3.1.1.3.1	Gutachtenpatienten ohne pankochleären Hörverlust.....	47
3.1.1.3.2	Gutachtenpatienten mit pankochleärem Hörverlust.....	49
3.1.1.3.3	Gutachtenpatienten mit kochleärem Hörschaden.....	51
3.1.1.3.4	Gutachtenpatienten: Tests auf kochleären Hörschaden unschlüssig.....	53
3.1.2	Unterschiede der Differenzen der Gruppen A, B und C .....	55
3.1.3	Korrelation der rechten mit den linken Ohren .....	56
3.1.4	Unterschiede zwischen rechten und linken Ohren .....	57
3.1.5	Plausibilitätsprüfung und 2,58-fache Standardabweichung .....	58
3.1.5.1	Plausibilitätsprüfung und 2,58-fache Standardabweichung: .....	
	Normalhörende Patienten.....	58
3.1.5.2	Plausibilitätsprüfung und 2,58-fache Standardabweichung: .....	
	Schwerhörige Patienten.....	60

3.1.5.3	Plausibilitätsprüfung und 2,58-fache Standardabweichung: .....	
	Gutachtenpatienten (GA-Patienten) .....	62
3.1.5.3.1	Plausibilitätsprüfung und 2,58-fache Standardabweichung: .....	
	GA-Patienten ohne pankochleären Hörverlust .....	64
3.1.5.3.2	Plausibilitätsprüfung und 2,58-fache Standardabweichung: .....	
	GA-Patienten mit pankochleärem Hörverlust .....	66
3.1.5.3.3	Plausibilitätsprüfung und 2,58-fache Standardabweichung: .....	
	GA-Patienten mit schlüssigen Tests auf kochleären Hörschaden .....	68
3.1.5.3.4	Plausibilitätsprüfung und 2,58-fache Standardabweichung: .....	
	GA-Patienten mit unschlüssigen Tests auf kochleären Hörschaden .....	70
3.1.6	Gegenüberstellung der Differenzen der Gruppen A, B und C innerhalb der .....	
	GA-Untergruppen .....	72
<b>3.2</b>	<b>Substudie 2: Überprüfung der Beziehung zwischen dem Beginn des</b>	
	<b>Hochtonabfalls (Hörverlust &gt; 40 dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem</b>	
	<b>Einsilberverstehen bei 65 dB .....</b>	<b>73</b>
3.2.1	Überprüfung der Beziehung: Rechte Ohren .....	73
3.2.1.1	Überprüfung der Beziehung (Alter < 60 Jahre): Rechte Ohren .....	75
3.2.1.2	Überprüfung der Beziehung (Alter ≥ 60 Jahre): Rechte Ohren .....	77
3.2.2	Überprüfung der Beziehung: Linke Ohren .....	79
3.2.2.1	Überprüfung der Beziehung (Alter < 60 Jahre): Linke Ohren .....	81
3.2.2.2	Überprüfung der Beziehung (Alter ≥ 60 Jahre): Linke Ohren .....	83
<b>3.3</b>	<b>Substudie 3: Überprüfung der Korrelation zwischen dem</b>	
	<b>Sprachaudiogramm und dem Tonaudiogramm im mittleren bis</b>	
	<b>hochfrequenten Bereich .....</b>	<b>85</b>
3.3.1	Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 30, > 40, .....	
	> 50 dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberverstehen bei 60 und 80 dB .....	86
3.3.1.1	Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 30 dB): Rechte Ohren .....	86
3.3.1.2	Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 30 dB): Linke Ohren .....	90
3.3.1.3	Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 40 dB): Rechte Ohren .....	94
3.3.1.4	Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 40 dB): Linke Ohren .....	98
3.3.1.5	Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 50 dB): Rechte Ohren .....	102
3.3.1.6	Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 50 dB): Linke Ohren .....	105

<b>4</b>	<b>DISKUSSION .....</b>	<b>110</b>
4.1	Diskussion der Ergebnisse von Substudie 1.....	110
4.1.1	Diskussion der deskriptiven Statistik, Plausibilitätsprüfung und 2,58-fachen..... Standardabweichung .....	110
4.1.2	Diskussion der Gutachten-Untergruppen.....	114
4.1.3	Diskussion der Gegenüberstellung der Differenzen aus den Gruppen A, B und C ... und dem Hörverlust für Zahlen.....	115
4.1.4	Diskussion der Korrelation von rechten und linken Ohren.....	116
4.1.5	Diskussion der Unterschiede zwischen rechten und linken Ohren .....	117
4.2	Diskussion der Ergebnisse von Substudie 2.....	118
4.3	Diskussion der Ergebnisse von Substudie 3.....	121
<b>5</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>125</b>
<b>6</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>128</b>
<b>7</b>	<b>PUBLIKATIONEN.....</b>	<b>138</b>
<b>8</b>	<b>DANKSAGUNG.....</b>	<b>139</b>

## II ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abb.	Abbildung
AEP	akustisch evozierte Potenziale
BAuA	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
BERA	Brainstem Electric Response Audiometry
BK	Berufskrankheit
BK-Nr.	Berufskrankheiten-Nummer
BLB	Bundesverband der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften
BMAS	Bundesministerium für Arbeit und Soziales
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
daPa	Decapascal
dB	Dezibel
DGUV	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
d. h.	das heißt
DIN	Deutsche Industrie-Norm
Dipl.	Diplom
DPOAE	distorsionsproduzierte otoakustische Emissionen
EEG	Elektroenzephalogramm
ERA	Electric Response Audiometry
ESV	Einsilberverstehen
FAEP	frühe akustisch evozierte Potenziale
GA	Gutachten
G-BA	Gemeinsamer Bundesausschuss
ggf.	gegebenenfalls
HNO	Hals-Nasen-Ohren
Hrsg.	Herausgeber
HV	Hörverlust
HVBG	Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften
HVZ	Hörverlust für Zahlen
Hz	Hertz
IAG	Institut für Arbeit und Gesundheit
ID	Identifikation



K <sup>+</sup>	Kalium
kHz	Kilohertz
LMU	Ludwig-Maximilians-Universität
m	Meter
Max.	Maximum
MdE	Minderung der Erwerbsfähigkeit
Min.	Minimum
mmH <sub>2</sub> O	Millimeter Wassersäule
mV	Millivolt
MW	Mittelwert
MRT	Magnetresonanztomografie
mm	Millimeter
ms	Millisekunden
Na <sup>+</sup>	Natrium
NH	Normalhörende/Normalhörigkeit
Nr.	Nummer
OAE	otoakustische Emissionen
PTS	Permanent Threshold Shift
Prof.	Professor
SHK	Schwerhörige/Schwerhörigkeit
SISI-Test	Short Increment Sensitivity Index
SPL	Sprachschallpegel
TEOAE	transitorisch evozierte otoakustische Emissionen
TTS	Temporary Threshold Shift
vs.	versus
z. B.	zum Beispiel
ZNS	Zentrales Nervensystem

# 1 EINLEITUNG

## 1.1 Aktuelle Daten und Fakten der Lärmschwerhörigkeit

Die berufliche Lärmschwerhörigkeit mit der Berufskrankheiten-Nummer (BK-Nr.) 2301 zählt seit Jahren zu den häufigsten Berufskrankheiten. Dabei zeigen die aktuellen Geschäftsergebnisse der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) und des Bundesverbandes der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften (BLB), dass im Jahr 2008 die berufliche Lärmschwerhörigkeit 9792 Verdachtsanzeigen (20,1% von allen angezeigten Berufskrankheiten) aufwies. Davon wurden 5158 Fälle (52,7%) anerkannt und die berufliche Lärmschwerhörigkeit demonstrierte erneut die Spitzenposition der anerkannten Berufskrankheiten (BMAS/BAuA, 2010). Diese Tatsache wurde auch nicht durch die arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen nach G20 „Lärm“ oder Präventionsmaßnahmen wie Tragen von persönlichem Gehörschutz eliminiert (Jansing, 2006; Hecker et al., 2008). Dennoch ist ein tendenzieller Rückgang bei den Verdachtsanzeigen, den anerkannten Berufskrankheiten und den neuen Berufskrankheitenrenten in den letzten 15 Jahren zu verzeichnen (Hecker et al., 2008). Gleichzeitig ist auch eine Abnahme der höhergradigen Schwerhörigkeiten deutlich zu erkennen, die sich im Jahr 2005 auf weniger als ein Drittel des Jahres 1995 beliefen (Jansing, 2006; Hecker et al., 2008). Trotzdem zeigen die jährlichen Aufwendungen der gewerblichen Berufsgenossenschaften für die berufliche Lärmschwerhörigkeit von 1996 bis 2006 nur einen Rückgang von 170 Millionen Euro auf 148 Millionen Euro (Otten, 2009).

Generell befinden sich in der Bundesrepublik Deutschland derzeit ungefähr 4 bis 5 Millionen Beschäftigte an lärmexponierten Arbeitsplätzen, die eine gehörschädigende Wirkung aufweisen können. Hiervon sind vor allem die Wirtschaftszweige Metall und Bau betroffen (Hecker et al., 2008). Somit ist die Entwicklung einer beruflichen Lärmschwerhörigkeit möglich, aber nicht zwingende Konsequenz (Brusis, 2006). Dennoch muss jeder Verdacht auf das Vorliegen einer beruflich bedingten Lärmschwerhörigkeit beim zuständigen Unfallversicherungsträger oder der für den medizinischen Arbeitsschutz zuständigen Stelle durch den Arzt zur Anzeige gebracht werden (DGUV, 2010). Die darauf folgende Gutachtertätigkeit wird dabei hauptsächlich durch Fachärzte für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde und in seltenen Fällen durch Fachärzte für Arbeitsmedizin durchgeführt (Brusis, 2006).

Neben den speziellen Kriterien für Gutachter bei der Lärmschwerhörigkeit BK-Nr. 2301 durch die Unfallversicherungsträger, stehen primär die Empfehlungen des Hauptverbandes der gewerblichen

Berufsgenossenschaften für die Begutachtung der beruflichen Lärmschwerhörigkeit (sogenanntes Königsteiner Merkblatt) im Mittelpunkt des gutachterlichen Handelns (Brusis, 2006; Feldmann, 2006).

Dabei nahm das Königsteiner Merkblatt seinen Ursprung im Jahr 1974 und liegt seit 1996 in der aktuellen 4. Auflage vor. Folglich liefert es seit mehr als 20 Jahren allgemeine Anhaltspunkte für die Begutachtung der beruflichen Lärmschwerhörigkeit und ermöglicht gleichzeitig dem Gutachter einen Beurteilungsspielraum im Einzelfall (HVBG, 1996; Brusis, 2006). Da das Königsteiner Merkblatt bezüglich der notwendigen Untersuchungsmethoden sowohl bei den Sozialgerichten als auch bei den Berufsgenossenschaften als maßgebendes Standardwerk in der Begutachtung gilt, wird die obligatorische Schlüssigkeitsprüfung der Gutachten für ebendiese erleichtert (HVBG, 1996). Demzufolge dient es als ein Instrument zur nachhaltigen und transparenten Qualitätssicherung eines jeden Gutachtens (HVBG, 2004; Brusis, 2006). Somit ist das erklärte Ziel des Königsteiner Merkblattes, eine objektive Beurteilung jedes einzelnen Gutachtenfalls zu erlangen (HVBG, 1996).

Die Motivation des zu begutachtenden Patienten für eventuelle Fehlangaben zum Zweck der eigenen Bereicherung gilt als bewiesenes Faktum (Stoll und Kumpf, 1978). Daher sollte der Gutachter bei der Begutachtung stets aufmerksam sein und mit Täuschungsversuchen besonders im Sinne von Aggravation (= verschlimmerte Darstellung eines bestehenden Hörschadens) oder einer Simulation (= bewusstes Vortäuschen einer nicht bestehenden Schwerhörigkeit) durch den zu Begutachtenden rechnen (Feldmann, 2006).

Nach einer Studie von Streppel und Brusis im Jahr 2002/03 kooperierten von 61 Gutachtenpatienten mit fraglicher Schwerhörigkeit nur 42% von Beginn der Untersuchung an. Bei den restlichen 58% der Probanden präsentierte sich eine Täuschungstendenz in unterschiedlichem Ausmaß. Außerdem fanden sie heraus, dass sich die Tendenz zur Aggravation oder Simulation mit der Menge der Gutachten, der Schulbildung und dem Alter erhöhte (Streppel und Brusis, 2007). Ebenso ältere Veröffentlichungen wie die Studie von Wagemann im Jahr 1956 dokumentierten ähnliche Bewegungen und zeigten, dass von 300 Gutachtenpatienten insgesamt 36% der Probanden Täuschungsversuche unternommen hatten. Obwohl dieser Prozentsatz nicht mit allen Ergebnissen anderer Untersucher (Schultz-Coulon, 1981) übereinstimmt, fordert er den Untersucher zur Wachsamkeit auf (Wagemann, 1956).

So ist es verständlich, dass sich das Königsteiner Merkblatt auch diesem Punkt annimmt. Neben der Hörweitenprüfung, die als Nachprüfung und Ergänzung der sprachaudiometrischen Ergebnisse dient, legt es noch weitere Mittel der Plausibilitätsprüfung aller Hörbefunde vor. Hierbei ist

besonders die Korrelation bzw. die Beziehung der Messwerte des Ton- und des Sprachaudiogramms von Bedeutung.

## **1.2 Anatomie und Physiologie des Innenohres**

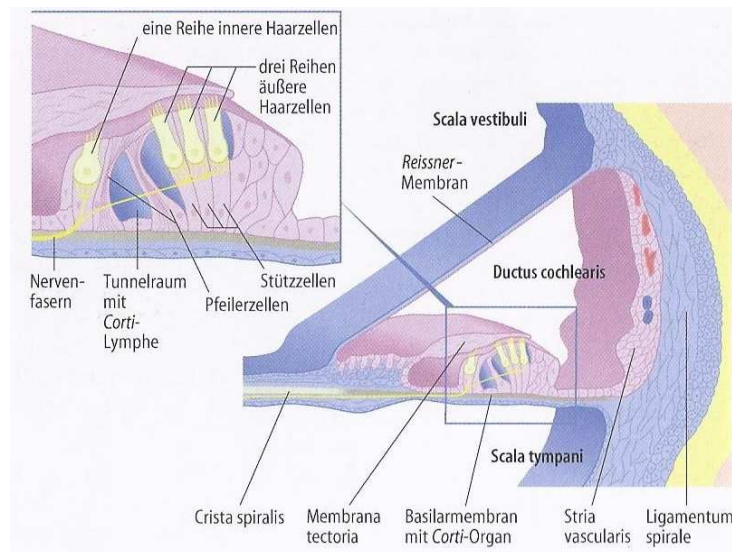
Da sich die vorliegende Arbeit auf kochleäre Hörschäden konzentriert, wird das anatomische und physiologische Augenmerk auf den kochleären Teil des Innenohres gelenkt.

Generell befindet sich das Innenohr im Felsenbein und umfasst sowohl das periphere Vestibularorgan (Vorhof-Bogengang-System) als auch das kochleäre oder akustische Organ (Schnecke). Beide Organe werden aufgrund der Formgebung als Labyrinth bezeichnet, welches sich morphologisch in einen knöchernen und einen häutigen Teil aufteilt (Kaschke, 2009).

Die knöcherne Schnecke (Kochlea) windet sich mit 2,5 Windungen spiralg um eine Achse (Modiolus) und würde abgewickelt eine Länge von ca. 32 mm präsentieren (Lehnhardt und Laszig, 2001). Der Modiolus schließt die Gefäße, das Ganglion spirale und Nervenfasern, welche peripher in Verbindung mit den Haarzellen im Corti-Organ stehen, sowie zentral den Nervus cochlearis bilden, ein (Kaschke, 2009).

Der Querschnitt der knöchernen Schnecke weist insgesamt drei Etagen von flüssigkeitsgefüllten Kanälen auf (Lehnhardt und Laszig, 2001; Merker, 2002). Dabei stellen zwei Etagen der Schnecke mit Perilymphe ( $\text{Na}^+$ -reich,  $\text{K}^+$ -arm) gefüllte Bereiche dar, welche sich in die obere Scala vestibuli und die untere Scala tympani gliedern (Lehnhardt und Laszig, 2001). Die Scala vestibuli zeigt sich anatomisch im Bereich des ovalen Fensters, während die Scala tympani am runden Fenster ihr Ende findet (Franzen, 2007). Besagte Skalen stehen an der Schneckenspitze durch das Helicotrema miteinander in Verbindung und über den Aquaeductus cochleae mit dem Hirnliquor (Lehnhardt und Laszig, 2001). Zwischen den beiden Hohlräumen befindet sich die Scala media bzw. der Ductus cochlearis (Abb. 1), der mit Endolymphe ( $\text{Na}^+$ -arm,  $\text{K}^+$ -reich) gefüllt ist und einen dreieckigen Durchschnitt aufweist (Merker, 2002; Boenninghaus und Lenarz, 2007). Die Scala vestibuli und die Scala media werden durch die Reissner-Membran abgetrennt, die aufgrund der unterschiedlichen Elektrolytkonzentrationen ein elektrisches Potenzial von ungefähr +80 mV auf beiden Seiten der Membran entstehen lässt (Lehnhardt und Laszig, 2001). Die Scala media und die Scala tympani werden durch die von der Lamina spiralis ossea zum Ligamentum spirale laufende Basiliarmembran, auf der sich das Corti-Organ befindet, getrennt (Probst et al., 2008). Dabei erweist sich die Basiliarmembran an der Schneckenbasis (0,08 mm) dünner als am Helicotrema (0,5 mm) (Lehnhardt und Laszig, 2001). Das Corti-Organ, das eigentliche Hörorgan, besteht aus

vier Reihen von Sinneszellen, welche sich in eine Reihe innere Haarzellen (~ 3000) und drei Reihen äußere Haarzellen (~ 12000) gliedern und zusätzlich von Stütz- und Pfeilerzellen umgeben werden (Lehnhardt und Laszig, 2001; Merker, 2002; Franzen, 2007; Probst et al., 2008). Die Tektorialmembran, welche von der Lamina spiralis ossea entspringt, steht teilweise mit den zilientragenden äußeren Haarzellen in direkter Verbindung (Lehnhardt und Laszig, 2001; Probst et al., 2008). Die Retikularmembran, die von Tight junctions zwischen den Stützzellen ausgebildet wird, grenzt den Perilymphraum vom Endolymphraum ab (Probst et al., 2008).



**Abb. 1:** Darstellung des Ductus cochlearis mit Ausschnitt des Corti-Organ (Boenninghaus und Lenarz, 2007).

Im Corti-Organ umgeben alle Haarzellen von beiden Seiten den Nuel-Tunnel, der mit einer Lymphe angereichert ist, die der Perilymphe gleichkommt ( $\text{Na}^+$ -reich,  $\text{K}^+$ -arm). Folglich befindet sich jede Haarzelle in einer Potenzialdifferenz, die aus der  $\text{Na}^+$ -reichen Endolympe und der  $\text{K}^+$ -reichen Perilymphe (= Corti-Lympe) resultiert. Für die Bewahrung der Potenziale und somit der Elektrolytkonzentrationen sind sowohl Ionenpumpen als auch energieverbrauchende Stoffwechselvorgänge notwendig (Lehnhardt und Laszig, 2001).

Dabei weist die blutgefäßreiche Stria vascularis, welche sich an der Außenwand der Scala media demonstriert, gleich mehrere Ionenpumpen auf. Sie dient der Endolymphbildung und beteiligt sich an der Erhaltung des elektrischen Potenzials bzw. des endokochleären Potenzials von circa +80 mV (Lehnhardt und Laszig, 2001; Merker, 2002; Boenninghaus und Lenarz, 2007). Dabei ist die resultierende Potenzialdifferenz von 150 mV zwischen dem genannten endokochleären Potenzial von +80 mV und dem Membranpotenzial der Haarzellen von -70 mV von großer Bedeutung für die Transduktion der Hörreize (Merker, 2002).

Zusätzlich ist anzumerken, dass die äußeren Haarzellen über ein Zytoskellet aus Aktin und Myosin verfügen, und somit im Vergleich zu den inneren Haarzellen zu aktiven Bewegungen fähig sind (Zenner, 1988; Arnold und Anniko, 1989 a, 1989 b; Lim et al., 1989).

Insgesamt sind 95% von den ungefähr 30000 Nervenfasern der bipolaren Ganglienzellen des Ganglion spirale mit den inneren Haarzellen vernetzt und leiten die akustische Erregung über afferente Fasern zum Gehirn weiter. Dabei haben die inneren Nervenzellen nicht nur Kontakt zu einer Nervenfaser sondern gleich zu mehreren. Im Gegenzug dazu sind die äußeren Haarzellen vornehmlich mit efferenten Fasern, welche sich im olivokochleären Bündel befinden, verbunden und liefern zentrale Informationen zum Hörorgan. Da nur 5% der Nervenfasern zu den äußeren Haarzellen ziehen, versorgt eine Nervenfaser mehrere Haarzellen und besitzt somit mehrere Rezeptoren für diese (Lehnhardt und Laszig, 2001; Merker, 2002; Mrowinski und Scholz, 2006). Insgesamt dienen die inneren Haarzellen dazu akustische Angaben in neurale Signale umzuwandeln, während sich die äußeren Haarzellen als kochleäre Verstärker präsentieren (Probst et al., 2008).

Die Erregung der Fußplatte des Steigbügels (Stapes) durch Schallwellen führt sowohl zu einer Volumenverschiebung in der Scala vestibuli als auch in der Scala tympani. Diese deformiert die mit Perilymphe angereicherte Scala media, welche eine wandernde Bewegung der Basiliarmembran in Form einer Welle zur Spitze der Schnecke auslöst.

Dabei reduziert sich die elastische Rückstellkraft in Richtung Helicotrema. Demzufolge nimmt die Ausbreitungsgeschwindigkeit der schallinduzierten Wanderwelle zur Spitze hin ab und ihre Wellenlänge wird kürzer. Innerhalb der Scala media existiert für jede Wanderwelle ein Ort an dem die Amplitude am höchsten ist. Der Ort an dem das Amplitudenhöchstmaß erreicht wird, steht in Abhängigkeit mit der Frequenz des ankommenden Schallreizes. Somit ist es Tatsache, dass die Welle umso weiter für das Erreichen ihrer maximalen Amplitude wandern muss, je geringer die ankommende Ausgangsfrequenz ist. Folglich befindet sich die Erregung und somit das Amplitudenmaximum durch tiefe Frequenzen in nächster Nähe zum Helicotrema, und durch hohe Frequenzen dicht dem ovalen Fenster bzw. der Schneckenbasis. Daher werden die auf die Perilymphflüssigkeit eindringenden Schallreize auf verschiedene Bereiche der Scala media zugeordnet, welches als Frequenzdispersion definiert wird (Lehnhardt und Laszig, 2001; Merker, 2002; Boenninghaus und Lenarz, 2007).

Infolgedessen gilt die Einorttheorie, die besagt, dass die Sinneszellen des Corti-Organs durch die Auslenkung der Basiliarmembran an der Stelle des Amplitudenmaximums größtmöglich erregt werden. So werden örtlich getrennte Haarzell-Populationen durch verschieden hohe Frequenzen aktiviert. Die aus der Basiliarmembranauslenkung resultierende Bewegung der Tektorialmembran

führt zu einer Abscherung der Stereozilien. Dadurch erfolgt sowohl die Aktivierung von Ionenkanälen als auch die Errichtung eines Rezeptorpotenzials (Merker, 2002).

Zusammenfassend sind die äußeren Haarzellen als mechanische Verstärker tätig, indem sie die Trennschärfe und die Empfindlichkeit des Gehörs steigern. Folglich sichert die passive Basiliarmembran eine erste grobmaschige Frequenzabstimmung, um dann mit Hilfe der äußeren Haarzellen des Corti-Organ eine noch exaktere Frequenzabstimmung zu gewinnen (Dallos, 1992). Im Falle eines Verlustes des aktiven Verstärkerprozesses werden somit die Trennschärfe und die Empfindlichkeit des Hörorgans in beachtlicher Weise reduziert (Lehnhardt und Laszig, 2001).

## **1.3 Ursachen von Innenohrschwerhörigkeit**

### **1.3.1 Akustische Traumen**

Ein akustisches Trauma entsteht durch Knall, Explosion, stumpfe Schädeltraumen (Commotio labyrinthi) oder infolge chronischer Lärmeinwirkung. Obwohl sich das Innenohr auf die hohen Schalldruckpegel einstellen kann, weist es beim Übertreten der Grenzwerte einen vorübergehenden (TTS = Temporary Threshold Shift) oder bleibenden (PTS = Permanent Threshold Shift) Tonschwellenschwund auf (Boenninghaus und Lenarz, 2007; Kaschke, 2009).

Eine akustische Überbelastung bei akuten, kurzzeitigen Schallimpulsen verursacht eine lokale mechanische Zerstörung im Innenohr und bei chronischen Lärmschäden eine irreversible Vernichtung der äußeren Haarzellen (Mrowinski und Scholz, 2006).

Dabei ist zu unterstreichen, dass die Art und die Ausdehnung der Läsion sowohl von der Einwirkungsdauer als auch von der belastenden akustischen Energie bestimmt wird. Das bedeutet, dass eine mechanische Schädigung umso wahrscheinlicher statt findet, je größer die Energie (in Form von Pegel oder Lautstärke) und je steiler der Energieanstieg anfangs ist (Probst et al., 2008).

Der typische Befund nach einem akustischen Trauma demonstriert eine Innenohrschwerhörigkeit mit kochleärem Hörschaden. Dabei ist eine Senke der Hörschwellenkurve bei 4000 Hz (= c<sup>5</sup>-Senke) oder aber auch ein Abfall der Kurve im ganzen Hochtonbereich charakteristisch. Zusätzlich zeigt die überschwellige Diagnostik ein positives Rekrutment und die otoakustischen Emissionen (OAE) bleiben im beeinträchtigten Frequenzbereich aus (Boenninghaus und Lenarz, 2007). Außerdem kommt oft ein Tinnitus im hochfrequenten Bereich vor (Kaschke, 2009).

Der bei akustischen Belastungen immer erscheinende Hochtonverlust begründet sich in der Gegebenheit, dass der basale Schneckenbereich bzw. die Schneckenbasis von Schwingungen jeder

Frequenz passiert wird und somit einer größeren Belastung ausgesetzt ist als das Gebiet der Schneckenspitze (Boenninghaus und Lenarz, 2007). Dabei zeigen sich die Läsionen als Erstes bei der ersten Reihe der äußeren Haarzellen (Hunter-Duvar et al., 1982). Bei weiterer Steigerung des Schalldrucks oder fortwährender Exposition sind auch die zweite und dritte Reihe der äußeren Haarzellen betroffen (Nilsson et al., 1982).

### 1.3.1.1 Akute Lärmtraumen

Das **Knalltrauma** wird durch ein unerwartetes, intensives und kurzes Schallereignis ( $< 1,5$  ms) definiert (Probst et al., 2008), welches Schalldruckpegel von über 150 dB aufweist (Strutz, 2010). Klinisch kommt es zu einer unmittelbaren Ertaubung mit stechendem Ohrenschmerz und hochfrequentem Tinnitus (Franzen, 2007). Charakteristisch für die Entstehung von Knalltraumen sind geplatzte Druckluftschläuche, Airbags, Handfeuerwaffen, Knallkörper sowie Feuerwerke (Franzen, 2007; Probst et al., 2008). Dabei ist ein Fortschreiten des Hörschadens in der Regel nicht zu erwarten, aber dennoch grundsätzlich nicht ausgeschlossen (Boenninghaus und Lenarz, 2007; Franzen, 2007).

Bei einem **Explosionstrauma** werden sowohl Ohren als auch Körper durch die Druckwelle einer Explosion in Mitleidenschaft gezogen. Hierbei herrscht die Explosion länger als 2 ms vor (Probst et al., 2008) und zeigt einen Schalldruckpegel von über 150 dB (Strutz, 2010). Im Vergleich zum Knalltrauma zeigt sich ein tieferes Frequenzspektrum (Probst et al., 2008). Dabei werden sowohl das Mittel- als auch das Innenohr geschädigt. Das Trommelfell reißt aufgrund der Dauer des Druckes, und ebenso die Gehörknöchelchenkette kann von Luxation betroffen sein. Klinisch zeigt sich eine kombinierte Schwerhörigkeit mit Tinnitus. Zusätzlich können auch vestibuläre Symptome auftreten. Insgesamt erweist sich eine Progredienz der Hörstörung als möglich (Boenninghaus und Lenarz, 2007; Franzen, 2007).

Das **akute Lärmtrauma** resultiert aus einer Lärmeinwirkung, die über einen längeren Zeitraum wie z. B. die Dauer eines Rockkonzerts besteht, und somit eine kochleäre Hypoxie mit sich bringt. Im Allgemeinen präsentiert sich eine hohe Tendenz zur Spontanheilung.

Beim **akustischen Unfall** handelt es sich um ein Innenohrtrauma, welches durch die zeitgleiche Einwirkung von mittleren Schallstärken und eine Fehlhaltung der Halswirbelsäule entsteht und somit eine Minderdurchblutung des Innenohrs zur Folge hat. Dies führt zu einer plötzlich auftretenden pankochleären Schallempfindungsschwerhörigkeit, die auch einseitig erscheinen kann. Die Prognose stellt sich dabei als unsicher dar (Franzen, 2007).



### 1.3.1.2 Chronische Lärmtraumen

Die durch chronische Lärmtraumen entstandene Lärmschwerhörigkeit stellt die am häufigsten anerkannte Berufskrankheit (Nr. 2301) in der Bundesrepublik Deutschland dar (Jansing, 2006; Kaschke, 2009).

In vielen Fällen kann sie durch jahrelange bzw. jahrzehntelange ungeschützte Arbeit im Lärm mit einem Expositionspegel  $\geq 85$  dB (A) bei einer 8-Stunden-Schicht entstehen (Brusis, 2006; Kaschke, 2009). Ab einem Expositionspegel  $\geq 90$  dB (A) erhöht sich die Gefahr einer Gehörschädigung um ein Weiteres (Brusis, 1999). Somit ist die Entstehung einer beruflich bedingten Lärmschwerhörigkeit durch einen Expositionspegel  $< 85$  dB (A) nicht anzunehmen bzw. äußerst fraglich (Brusis, 2006).

Insgesamt ist zu unterstreichen, dass bei einem Lärmarbeiter ein berufsbedingter Innenohrschaden von der Empfindlichkeit der Ohren abhängt und somit nicht in jedem Fall resultieren muss. Eine entstehende Läsion ist dabei umso sicherer, je länger und je höher die Lärmexposition andauert (Brusis, 2001). Demzufolge erweisen sich gleichförmiger und niederfrequenter Lärm als schädigungsärmer (Kaschke, 2009). Das Ausmaß der Schädigung ist abhängig von Einwirkungs-dauer, dem Expositionspegel und dem Verhältnis von Lärm zu Pausen (Probst et al., 2008; Kaschke, 2009).

Generell kann sich eine berufliche Lärmschwerhörigkeit ausschließlich in der Zeit der beruflichen Lärmexposition ausbilden, so dass nach Beendigung der beruflichen Lärmbelastung keine Progredienz möglich ist. Auch die Gefahr einer Ertaubung besteht durch chronische Lärmexposition nicht (Brusis, 2006).

Klinisch tritt die chronische Lärmschwerhörigkeit stets auf beiden Ohren symmetrisch auf, wobei eine Seitendifferenz um höchstens einen Schwerhörigkeitsgrad denkbar ist (Brusis, 2006). Laut Feldmann (1972) ist das Vorkommen von Asymmetrien dennoch möglich. Diese ergeben sich aus hauptsächlich einseitig betonten Lärmquellen oder in einem diffusen Schallfeld aufgrund einer seitenungleichen Sensibilität der beiden Ohren. Generell muss im Falle einer ausgeprägten Seitendifferenz diese kritisch geprüft werden (Brusis, 2006; DGUV, 2010).

Klinisch präsentiert sich die Lärmschwerhörigkeit anfangs im Frequenzbereich um 4000 Hz ( $c^5$ -Senke) und wird daher von dem Betroffenen meist nicht bemerkt. Erst durch Angehörige, Freunde oder Kollegen wird erstmals das Gruppenverstehen kritisiert. Folglich verbreitert sich bei weiterer Lärmexposition die Hochtonsenke meist auf den Bereich von 3000 bis 6000 Hz, um dann in einen Hochtonabfall fortzuschreiten (Plath, 1991). Oft demonstriert sich ein Hochtonsteilabfall oberhalb 2000 Hz oder nach weiterer Beeinträchtigung bereits oberhalb 1000 Hz. In der Gegend der sehr hohen Frequenzen weist die Hörverlustkurve erneut einen Anstieg auf. Demzufolge

erscheint das Bild einer Senke (Brusis, 2006). Sobald der Hauptsprachbereich (500 bis 3000 Hz) Hörverluste  $> 30$  dB aufzeigt, entstehen sichtliche Kommunikationsprobleme (Plath, 1991). Dagegen erweisen sich Hörverluste im Tieftonbereich als sehr außergewöhnlich und können nur durch enorme Lärmbelastung über Jahre oder Jahrzehnte entstehen (Brusis, 1999). Laut Lehnhardt und Hesch (1980) sind die tiefen Frequenzen niemals betroffen.

Insgesamt ist eine langsam fortschreitende, symmetrische kochleäre Schwerhörigkeit im Hochtonbereich zu diagnostizieren, die sich im Anfangsstadium der Lärmschwerhörigkeit bei längeren Arbeitspausen als reversibel zeigt. Bei weiter bestehender Lärmexposition fällt die Hörschwelle stetig ab, und der irreversible Anteil steigt an (Kaschke, 2009).

### **1.3.2 Pseudohypakusis**

Bei den ton- und sprachaudiometrischen Messungen besteht die Möglichkeit durch den Patienten, bewusst oder unbewusst falsche Angaben aufzuzeigen. Vor allem bei gutachterlichen Hörprüfungen sollte stets mit Irreführungen gerechnet werden. Dabei fallen die Begriffe Simulation, Aggravation und psychogene Hörstörungen. Der Simulant hat die bewusste Vortäuschung einer Schwerhörigkeit zum Ziel, wobei er in Wahrheit über ein normales Hörvermögen verfügt. Beim aggravierenden Patienten liegt in der Tat eine Schwerhörigkeit vor, jedoch gibt er bewusst eine stärkere Einschränkung im Sinne eines größeren Hörverlustes an (Feldmann, 2006). Der Patient mit einer psychogenen Hörstörung handelt unbewusst und ist davon überzeugt, dass er an einer Schwerhörigkeit leidet. In der Realität zeigt sich diese ausschließlich zum Zeitpunkt der Hörprüfung. Folglich täuscht sich bei der psychogenen Schwerhörigkeit der Patient selbst und hat keinerlei Intention betrügen zu wollen (Boenninghaus und Lenarz, 2007).

Im Allgemeinen ist festzuhalten, dass der Simulant die Funktionseinschränkung demonstrativ durch sein Verhalten beweisen will. Somit nimmt er die Hand hinter das Ohr, um besser verstehen zu können oder wendet das scheinbar besser hörende Ohr zum Untersucher. Außerdem unterstreicht er mehrmalig, wie schlecht er hört und befolgt somit Anweisungen falsch oder überhaupt nicht. Im Gegensatz dazu reagiert er dann aber auf beiläufige Zurufe wieder richtig.

Der psychogene Hörgestörte verhält sich unauffällig bei der Untersuchung, womit keine Überraschungseffekte notwendig sind (Schultz-Coulon, 1981; Lehnhardt und Laszig, 2001; Feldmann, 2006).

Insgesamt ist es schwierig festzulegen, in welchem Maß ein Patient das Nichtvorhandensein einer Hörstörung einschätzen kann. Demzufolge ist eine exakte Abgrenzung zwischen der bewussten Simulation bzw. Aggravation und der unbewussten psychogenen Schwerhörigkeit für den

Gutachter eine Herausforderung (Schultz-Coulon, 1981). Somit bevorzugen sowohl Carhart (1961) als auch Kumpf (1977) vom gutachterlichen Gesichtspunkt den Überbegriff Pseudohypakusis, um die zweifelhafte Verdächtigung einer absichtlichen Täuschung zu umgehen.

Zur Aufdeckung besagter Täuschungen gelten die objektiven Verfahren wie ERA (electric response audiometry) und OAE (otoakustische Emissionen) als Mittel der Wahl (Streppel und Brusis, 2007). Des Weiteren liefert auch die Stapediusreflexmessung hilfreiche Informationen (Lehnhardt und Laszig, 2001; Franzen, 2007). Der Vollständigkeit wegen sind noch der Stenger-Versuch, der Langenbeck-Überhörversuch, die Békésy-Audiometrie, der Lombard-Leseversuch, der Lee-Test und der Doerfler-Steward-Test zu nennen, die aber in vorliegender Studie nicht bzw. kaum von Bedeutung waren (Altenburger, 1962; Lehnhardt und Laszig, 2001; Probst et al., 2008; Streppel und Brusis, 2007).

Als weitere wichtige Anhaltspunkte dienen das Ton- und das Sprachaudiogramm, sowie der Vergleich von Ton- und Sprachaudiogramm zueinander. So können auffällig schwankende Werte im Tonaudiogramm auf eine Simulation oder Aggravation hindeuten (Stoll und Kumpf, 1978; Feldmann, 2006). Hierbei können die Werte entweder als zu schlecht oder als zu gut angezeigt werden (Lehnhardt und Laszig, 2001). Zur Sprachaudiometrie ist anzumerken, dass der Untersuchte dabei niemals zu gute Werte angeben kann. Dies resultiert aus der Tatsache, dass er ausschließlich die Wörter wiederholen kann, die er auch wirklich verstanden hat (Feldmann, 2006). Der Gewinn aus dem Sprachaudiogramm lässt sich darin beschreiben, dass sich der Untersuchte meist nicht einprägen kann, welche Anzahl von Wörtern er bei einer gewissen Lautstärke wiedergeben konnte (Stoll und Kumpf, 1978).

Beim Vergleich der beiden Diagramme miteinander soll der Hörverlust für Zahlen aus dem Sprachaudiogramm dem mittleren Tongehörverlust aus den unteren und mittleren Frequenzen des Tonaudiogramms entsprechen (HVBG, 1996; Lehnhardt und Laszig, 2001; Feldmann, 2006).

Generell kann ein erfahrener Untersucher bereits durch das Verhalten des Patienten (wechselnde Angaben, Reaktionszeit) während der Erstellung des subjektiven Ton- und Sprachaudiogramms die Vermutung auf eine unwahre Hörschwelle aussprechen (Probst et al., 2008).

### **1.3.3 Sonstige Ursachen**

Zu den sonstigen Ursachen von Innenohr- bzw. Innenohrhochtonschwerhörigkeit (kochleäre Schwerhörigkeit) zählen diejenigen, die bei vorliegendem Patientenkollektiv nicht als primäres Untersuchungsziel galten.

Dabei sind angeborene oder frühkindliche erworbene Hörstörungen zu erwähnen. Auch traumatische Innenohrschädigungen durch stumpfe Schädeltraumen (Commotio und Contusio labyrinthi) ohne oder mit Schädelbasisfrakturen sind von Bedeutung. (Boenninghaus und Lenarz, 2007; Probst et al., 2008; Kaschke, 2009). Hierbei ist anzumerken, dass der Entstehungsmechanismus des stumpfen Schädeltraumas dem des Knalltraumas gleichkommt (Escher, 1948; Schuknecht, 1950, 1951; Lehnhardt, 1965; Schuknecht et al., 1969). Somit ist eine Progredienz der Schwerhörigkeit im Allgemeinen nicht zu erwarten (Escher, 1948; Vogel, 1954; v. Schulthess, 1961; Müller, 1965; Wagemann und Ahlborn, 1965; Munker, 1972; Franzen, 2007), aber bei ausgeprägten primären Schädigungen (Hörverluste > 80 dB) generell möglich (Pilgramm et al., 1988).

Die toxischen Innenohrschädigungen entstehen entweder durch ototoxische Medikamente oder durch gewerbliche Noxen. Als Beispiel für ototoxische Medikamente stehen Aminoglykosidantibiotika (Gentamycin und Streptomycin), Schleifendiuretika, Salicylpräparate, Zytostatika, Chinin, Tetracain und orale Kontrazeptiva. Da vor allem durch die Aminoglykosidantibiotika die äußeren Haarzellen oft irreparabel geschädigt werden können und in Kombination mit einem Nierenschaden besondere Vorsicht aufgrund erschwelter Ausscheidung gilt, sollte die Verabreichung von ototoxischen Medikamenten stets durchdacht sein. Dabei sind besonders eine enge Indikationsstellung sowie die Berücksichtigung von Dosisangaben und die vorherrschende Nierenfunktion zu beachten und sollten in einer strengen Verlaufskontrolle mittels otoakustischer Emissionen (OAE) und Tonaudiogrammen überwacht werden. Zu den ototoxisch gewerblichen Noxen gehören Kohlenmonoxid, Quecksilber, Blei, Aminobenzole, Nitrobenzole, Schwefelkohlenstoff, aromatische Kohlenwasserstoffe, Fluor und Phosphorderivate (Boenninghaus und Lenarz, 2007; Franzen, 2007; Kaschke, 2009).

Als weiterer Grund für die Entstehung einer Innenohrhochtonschwerhörigkeit zählt der Hörsturz, der sowohl symptomatisch als auch idiopathisch entstehen kann. Dabei ist es wichtig, eine weitere lärmtraumatische Beeinträchtigung in Form von überschwelligen Hörtests wie Stapediusreflexmessung und BERA (brainstem electric response auditory) als auch die Magnetresonanztomografie (MRT) nicht vor Ablauf einer Woche nach dem Geschehnis zu tätigen (Boenninghaus und Lenarz, 2007; Franzen, 2007).

Die Altersschwerhörigkeit (Presbyakusis) nimmt ihren Ursprung aus unterschiedlichen Noxen, die mit steigendem Alter zu einer Schwerhörigkeit führen (Lehnhardt und Hesch, 1980). Diese Teilstücke definieren sich durch unregelmäßigen Lärm, arteriosklerotische Mangel durchblutungen des Innenohres, ototoxische Medikamenteneinwirkung, Hypotonie sowie Stoffwechselkrankheiten (Lehnhardt und Laszig, 2001; Boenninghaus und Lenarz, 2007). Insgesamt ist ein rein

altersbedingter Innenohrabbau mit großer Zurückhaltung zu sehen (Lehnhardt und Hesch, 1980). Dennoch spielt der physiologische Altersabbau des Gehirns mitunter eine Rolle (Boenninghaus und Lenarz, 2007).

## **1.4            Arten der Schwerhörigkeit**

Hierbei wird zwischen der Schallleitungs- und der Schallempfindungsschwerhörigkeit unterschieden (Boenninghaus und Lenarz, 2007; Franzen, 2007).

Da in den vorliegenden Patientendaten keine reine Schallleitungsschwerhörigkeit diagnostiziert worden war, sei diese nur kurz erwähnt. Die Schallleitungsschwerhörigkeit nimmt ihren Ursprung im äußeren Gehörgang oder im Mittelohr (Boenninghaus und Lenarz, 2007; Kaschke, 2009).

Die Schallempfindungsschwerhörigkeit resultiert sowohl aus Funktionsstörungen im Innenohr (Innenohrschwerhörigkeit = kochleäre bzw. sensorische Schwerhörigkeit) als auch im Bereich des Hörnerven, was einer neuralen Schwerhörigkeit entspricht. In den nachstehenden zentralen Regionen der Hörbahn können durch Beeinträchtigungen des zentralen Nervensystems (ZNS) zentrale Hörstörungen entstehen. Grundsätzlich befinden sich die neurale wie auch die zentrale Schwerhörigkeit der Kochlea anatomisch nachgeschaltet und werden somit unter dem Überbegriff retrokochleäre Schwerhörigkeit definiert. Zusätzlich besteht die Möglichkeit von kombinierten Schädigungsarten unterschiedlicher Strukturen, die dann als sensorineurale Schwerhörigkeit hervorgehen (Boenninghaus und Lenarz, 2007; Probst et al., 2008; Kaschke, 2009).

Nachstehend sollten noch die bedeutendsten Ursachen einer retrokochleären Hörstörung dargestellt werden. Diese entsteht durch Tumore des Kleinhirn-Brücken-Winkels sowie des inneren Gehörgangs, Kompressionen des Hörnervs verursacht durch Gefäßschlingen wie auch Modifikationen des Hörnervs oder seiner Eintrittszone, welche durch multiple Sklerose oder andere entzündliche Veränderung begründet sind. Die subjektiven Leiden einer retrokochleären Störung bezüglich Hörstörungen, Tinnitus und eventuellem vestibulärem Schwindel decken sich grundlegend mit denen einer kochleären Störung. Das audiologische Bild einer retrokochleären Schwerhörigkeit liefert eine eindeutige Schallempfindungsschwerhörigkeit. Demgegenüber kann ein auffallender Sprachgehörverlust im Sprachaudiogramm gegenüber dem Tonaudiogramm auf die Tatsache hinweisen, dass es sich um eine retrokochleäre Hörstörung handelt. Zur sicheren Diagnosestellung, vor allem bei einseitiger Schallempfindungsschwerhörigkeit, dient die objektive Audiometrie in Form von BERA (= brainstem electric response audiometry). Außerdem sollten die

möglichen Ursachen einer retrokochleären Hörstörung mittels Magnetresonanztomografie abgeklärt werden (Probst et al., 2008).

## **1.5 Nachweis einer Schwerhörigkeit**

### **1.5.1 Subjektive Testverfahren**

Bei den subjektiven Testverfahren handelt es sich um psychoakustische Verfahren, die ausschließlich durch persönliche Angaben bzw. durch die Mitarbeit des Patienten entstehen (Boenninghaus und Lenarz, 2007).

#### **1.5.1.1 Stimmgabelprüfung nach Rinne und Weber**

Die Stimmgabelprüfungen mit einer a1-Stimmgabel (440 Hz) dienen in erster Linie zur Lokalisation der Läsion und sollten vor jeder Audiometrie zur ersten Orientierung durchgeführt werden. Somit ist eine Unterscheidung zwischen einer vorliegenden Mittelohr- (Schallleitungsstörung) oder einer Innenohrschwerhörigkeit (Schallempfindungsstörung) möglich.

Beim Rinne-Test stehen sowohl die Knochenleitung als auch die Luftleitung desselben Ohres miteinander im Vergleich. Die angeschlagene Stimmgabel wird zuerst auf dem Mastoid des Patienten platziert. Wenn der Patient die Stimmgabel nicht mehr hört, wird diese vor den Gehörgang gehalten (Merker, 2002; Mrowinski und Scholz, 2006; Boenninghaus und Lenarz, 2007; Probst et al., 2008). Die Frage, ob die Lautheit vor oder hinter dem Ohr überwiegt, lässt auf die Art der Läsion schließen. Bei einem physiologischen Mittelohr zeigt sich die Luftleitung lauter als die Knochenleitung, d. h. Rinne positiv. Bei einem Schaden im Mittelohr stellt sich die Knochenleitung lauter dar, d. h. Rinne negativ (Mrowinski und Scholz, 2006).

Beim Weber-Test werden beide Ohren bezüglich ihrer Knochenleitung miteinander verglichen. Hierbei wird die angeschlagene Stimmgabel mittig auf den Scheitel oder die Stirn positioniert (Probst et al., 2008). Die entscheidende Frage lautet, auf welcher Seite der Ton vom Patienten lauter wahrgenommen wird (Mrowinski und Scholz, 2006). Dabei ist zu wissen, dass der Ton sowohl von einem normalhörenden Patienten als auch von einem seitengleich schwerhörigen Patienten von beiden Ohren gleichermaßen laut gehört wird und somit nicht lateralisiert. Bei einer einseitigen Schallleitungsschwerhörigkeit wird der Ton durch das erkrankte bzw. schlechter hörende Ohr erkannt. Folglich lateralisiert der Patient in das erkrankte Ohr. Im Gegensatz dazu

wird die Stimmgabel bei einer einseitigen Schallempfindungsschwerhörigkeit im gesunden bzw. besser hörenden Ohr lauter empfunden. Der Patient lateralisiert in das gesunde Ohr (Boenninghaus und Lenarz, 2007). Im Falle einer kombinierten Mittelohr-Innenohrschwerhörigkeit, kann die Angabe einer eindeutigen Lateralisation durch den Patienten schwer zu erlangen sein. Generell ist anzumerken, dass eine Stimmgabelprüfung jeder tonaudiometrischen Untersuchung vorangehen sollte. Dabei dient sie als erste Orientierung bezüglich der Reaktionsweisen des Patienten (Mrowinski und Scholz, 2006).

### **1.5.1.2 Tonaudiometrie**

Das Tonaudiogramm dient zur Bestimmung der Hörschwelle für Töne unterschiedlicher Frequenzen. Der Grad des Hörschadens wird dabei im Vergleich zum normalen Ohr, welches sowohl die Luft- als auch die Knochenleitungsschwelle nahe der Null-dB-Linie zeigt, ermittelt und als Hörverlust in Dezibel (dB) angegeben. Das Tonaudiogramm wird für die Frequenzen von 0,125 bis 10 kHz erstellt (Boenninghaus und Lenarz, 2007). Die zu prüfende Luft- und Knochenleitung wird für das rechte und linke Ohr getrennt vorgenommen. Dabei wird das jeweilige Gegenohr mit Hilfe von Kopfhörern vertäubt. Es wird mit der Messung der Luftleitung bei 1 kHz begonnen und zuerst das subjektiv besser hörende Ohr geprüft. Der Patient muss eine Taste drücken, sobald sich der Ton gerade hörbar für ihn darstellt. Beim zweiten Versuch wird der Patient den Übergang vom unhörbaren zum hörbaren Bereich früher bemerken, da er den Ton bereits kennt. Folglich wird die Messung bei einer Frequenz so oft wiederholt bis sich der beste Hörwert für die angegebene Frequenz sicher darstellt. Der erhaltene Messpunkt wird dann im Formular gekennzeichnet (Mrowinski und Scholz, 2006). Im weiteren Messvorgang werden zuerst die höheren Frequenzen wie 2 kHz, 4 kHz, 8 kHz und 10 kHz geprüft, um dann die tiefen Frequenzen 0,75 kHz, 0,5 kHz, 0,25 kHz und 0,125 kHz in absteigender Reihenfolge zu untersuchen und zuletzt die Zwischenfrequenzen 1,5 kHz, 3 kHz und 6 kHz zu testen (Plath, 1992). Die Messpunkte aller Frequenzen werden mit Linien verbunden, so dass ein Tonschwellenaudiogramm entsteht. Falls sich die Schwellenkurve für Luftleitung mit allen Messpunkten nicht besser als 10 dB zeigt, muss ebenso die Knochenleitung getestet werden, um eine eventuelle Schallleitungsstörung ausschließen zu können. Bei wiederholten Messungen der Frequenzpunkte der Luftleitung sind Abweichungen von bis zu 10 dB noch im Normbereich (Mrowinski und Scholz, 2006). Die Knochenleitung kann an dieser Stelle vernachlässigt werden, da sie für die vorliegende Arbeit von geringer Bedeutung war. Auf der Kenntnis basierend, dass sich bei normal funktionierender Schallleitung die Hörschwellen für Luft- sowie für Knochenleitung im Tonaudiogramm gleichen, folgt die Schallleitungs-

schwerhörigkeit einem anderen tonaudiometrischen Bild (Probst et al., 2008). Folglich präsentiert sich eine Diskrepanz zwischen der besser liegenden Hörschwellenkurve für Knochenleitung und der schlechter liegenden Hörschwelle für Luftleitung. Somit zeigt sich der Hörverlust über Knochenleitung weitaus kleiner als über Luftleitung, die zum Erfassen größere Lautstärken braucht (Boenninghaus und Lenarz, 2007).

Eine Schallempfindungsschwerhörigkeit präsentiert sich im Tonaudiogramm dann, wenn sowohl die Luft- als auch die Knochenleitungskurve in deckungsgleicher Weise eine angehobene Hörschwelle aufweisen. Diese demonstriert sich meist mehr im Hochton- als im Tieftonbereich (Boenninghaus und Lenarz, 2007; Probst et al., 2008).

Neben dem beschriebenen basokochleären Typ der Schallempfindungsschwerhörigkeit, der ausschließlich die hohen Töne betrifft, ist in vorliegender Studie die pankochleäre Schwerhörigkeit, die alle Frequenzen betrifft, von Interesse. Diese entspricht im Tonaudiogramm einer deutlichen Parallelverschiebung der Null-dB-Linien der Luft- und der Knochenleitung (Dieroff, 1994).

Die kombinierte Schallleitungs-Schallempfindungsschwerhörigkeit liefert im Tonaudiogramm einen größeren Luftleitungs- als Knochenleitungshörverlust, welche die bestehende Schallleitungs-komponente darstellt (Probst et al., 2008). Die daraus entstehende Differenz spiegelt den Anteil der Schwerhörigkeit wider, der das Mittelohr betrifft. Zusätzlich demonstriert der Hörverlust über die Knochenleitung den Innenohranteil und stellt damit die Schallempfindungskomponente dar (Lehnhardt und Laszig, 2001; Mrowinski und Scholz, 2006; Boenninghaus und Lenarz, 2007).

### **1.5.1.3      Überschwellige Tonaudiometrie**

Die überschwellige Audiometrie beleuchtet die Reaktion des Gehörs auf angebotene Lautstärken oberhalb der Hörschwelle. Dabei wird untersucht, ob ein Lautheitsausgleich (= Rekrutment) stattfindet. Außerdem geben die überschwelligen Tests Auskunft über den Ort der Läsion bei einer Schallempfindungsschwerhörigkeit (Kaschke, 2009). Liegt eine Schädigung im Bereich der Haarzellen des Corti-Organs (= kochleärer Hörschaden) vor, veranschaulichen sich die überschwelligen Tests mittels eines positiven Rekrutments. Im Falle einer retrokochleären Schallempfindungsschwerhörigkeit, erweisen sich die Tests meist als negativ, können aber auch positiv sein (Boenninghaus und Lenarz, 2007).

Als überschwellige Tests sind zu nennen: SISI-Test, Lüscher-Test, Fowler-Test, Geräusch-audiometrie nach Langenbeck und Schwellenschwundtest nach Carhart. Nachfolgend werden ausschließlich die für diese Arbeit relevanten Tests kurz besprochen.



Der SISI-Test kann sowohl bei einseitiger als auch bei beidseitiger Schwerhörigkeit zum Einsatz kommen. Dabei wird das Intensitätsunterscheidungsvermögen mittels eines Prüftons, der sich 20 dB über der Hörschwelle befindet, untersucht. Dieser wird 20-mal kurzzeitig um 1 dB für je 0,2 Sekunden gesteigert. Der Test gilt als positiv, wenn der Schallempfindungsschwerhörige im Gebiet seines Hörverlustes alle oder beinahe alle Lautstärkeerhöhungen (60-100%) erkennen kann und spricht für eine Läsion des Corti-Organes bzw. einen kochleären Hörschaden. Keine oder kaum empfundene Lautstärkeerhöhungen (0-15%) deuten auf einen negativen SISI-Test und eine retrokochleäre Schwerhörigkeit (Hamann, 1991; Mrowinski und Scholz, 2006; Boenninghaus und Lenarz, 2007).

Die Geräuschaudiometrie nach Langenbeck dient der Prüfung der Tonschwelle im definierten Störgeräusch (Langenbeck, 1949) und findet meist Anwendung bei Tonschwellenaudiogrammen mit einem Hochtonabfall oder auch einer Hochtonsenke (Mrowinski und Scholz, 2006). Bei besagter Geräuschaudiometrie soll untersucht werden, ob sich die Hörschwelle verändert, sobald ein überschwelliges Geräusch zugeschaltet wird (Franzen, 2007), welches je nach Tonschwelle zwischen 45 und 75 dB zu wählen ist (Hamann, 1991). Generell ist zu erwähnen, dass sowohl der Prüftone als auch das überschwellige Geräusch auf dasselbe Ohr geschaltet werden (Mrowinski und Scholz, 2006). Nachdem die übliche Ermittlung der Tonschwelle stattgefunden hat, wird die Schwellenbestimmung nochmals mit Hilfe eines standardisierten Hintergrundgeräusches durchgeführt (Hamann, 1991; Lehnhardt und Laszig, 2001). Dabei ist anzumerken, dass bei einem Normalhörenden oder einem Patienten mit kochleärem Hörschaden der Ton im definierten Störgeräusch bereits hörbar wird, wenn beide dieselbe Lautstärke (in dB) aufweisen (Hamann, 1991). Der Moment, indem ein Ton im Geräusch hörbar wird, charakterisiert die Geräuschtönschwelle bzw. die Mithörschwelle. Die Bestimmung der Mithörschwelle beläuft sich meist auf die Frequenzen 1 bis 4 kHz (Lehnhardt und Laszig, 2001). Die Mithörschwelle fließt bei einem Normalhörenden wie auch bei einem Patienten mit kochleärem Hörschaden in die Tonschwelle mit ein. Im Falle einer retrokochleären Schwerhörigkeit weicht die Mithörschwelle in diesem Areal aus (Hamann, 1991; Mrowinski und Scholz, 2006; Franzen, 2007).

Der Carhart-Test zählt im engeren Sinne zu den Hörermüdungstests, also einem zentralen Test. Diese dokumentieren das zeitliche Verhalten der bestimmten Hörschwelle, welche von Puls- und Dauerton geprägt wird. Es ist Tatsache, dass im Fall einer pathologischen Hörermüdung die Hörschwelle eines angebotenen Dauertons negativ beeinträchtigt wird. Sobald der Patient den gerade eben noch gehörten Dauerton nicht mehr hört, muss die Lautstärke um 5 dB verstärkt werden, damit sie vom Patienten wahrgenommen werden kann. Sollte die Lautstärke insgesamt um 30 dB gesteigert werden müssen, weil der Ton nach kurzer Zeit der Darbietung nicht mehr gehört

wird, liegt eine neurale Schwerhörigkeit vor (Lehnhardt und Laszig, 2001; Boenninghaus und Lenarz, 2007).

### **1.5.1.4 Sprachaudiometrie**

Das Ziel des Sprachaudiogramms ist den Grad des Verstehens von Sprache zu messen. Dabei sollte die Erstellung des Sprachaudiogramms im direkten Anschluss zur Tonaudiometrie erfolgen. Zum Ablauf der Sprachaudiometrie ist zu sagen, dass mit dem besser hörenden Ohr begonnen wird. Dabei werden entweder über Kopfhörer oder über Lautsprecher Wörter oder kurze Sätze von einem Tonträger abgespielt, die vom Patienten verständlich wiederholt werden müssen. Hierbei erweist sich der genau einstellbare Sprachschallpegel als elementar, um dieselbe Aussprache und Betonung des geprüften Textes einhalten zu können. Am Audiometer wird der Sprachschallpegel in 5 dB-Schritten eingestellt (Mrowinski und Scholz, 2006). Als bekanntester und wichtigster Sprachtest im deutschen Raum gilt der Freiburger Sprachtest, der sich aus einem mehrsilbigen Zahlentest und aus einem Einsilbertest zusammensetzt (normiert nach DIN 45 621). Beim Zahlentest, der sich aus 10 Gruppen von je 10 mehrsilbigen Zahlen zusammensetzt, wird dem Patienten eine Gruppe bei einem festen Pegel zur Verfügung gestellt und die Menge der richtig verstandenen Zahlen dokumentiert (Probst et al., 2008). Bei den Normalhörenden werden 50% der Zahlen ab einem Sprachschallpegel von 18,5 dB verstanden und 100% der Zahlen bei 30 dB. Falls die Testperson bei bestehendem Pegel nicht die Hälfte aller Zahlen verstehen konnte, muss der Pegel so lange erhöht werden bis dies der Fall ist (Mrowinski und Scholz, 2006). Der Hörverlust für Zahlen in Dezibel (dB) entsteht dann durch die Verschiebung der Zahlenkurve auf der Geraden der 50%igen Verständlichkeit für Zahlen. Dies spiegelt ebenso das Ausmaß der vorliegenden Schwerhörigkeit wider (Boenninghaus und Lenarz, 2007). Da es Tatsache ist, dass die Sprachverständlichkeit von der Menge der Silben abhängig ist, werden die mehrsilbigen Zahlen schon bei niedrigen Pegeln verstanden. Daher wird beim Zahlentest vermehrt das Gehör und nicht das Sprachverständnis getestet. Zwischen den Befunden im Tonaudiogramm und dem Zahlentest herrscht eine Übereinstimmung.

Durch die Überprüfung der Einsilber wird die Sprachverständlichkeit untersucht. Dabei werden 20 einsilbige Wörter bei einem gewissen Sprachschallpegel offeriert und wiederum der Prozentsatz der korrekt verstandenen Wörter in Zusammenhang mit dem verwendeten Sprachschallpegel eingetragen (Probst et al., 2008). Auch der Einsilbertest orientiert sich an der Kurve der Normalhörenden. Diese verstehen aus 1 m Abstand und einem Sprachschallpegel von 65 dB

(normale Umgangssprache) 100% der Einsilber. Folglich empfiehlt es sich das Sprachverstehen primär bei 65 dB zu prüfen (Lehnhardt und Laszig, 2001).

Das Ziel des Einsilbertests ist, auch bei Schwerhörigen die maximale Einsilberverständlichkeit von 100% (dB opt) zu erreichen (Mrowinski und Scholz, 2006; Kießling et al., 2008). Dazu wird der Lautstärkepegel in Pegelsprüngen von 15 dB angehoben. Generell ist aber zu beachten, dass die persönliche Unbehaglichkeitsschwelle dabei nicht überschritten wird, um eine Schädigung des Gehörs zu vermeiden. Dabei stellt die besagte Unbehaglichkeitsgrenze den Übergang von einer für den Patienten angenehmen Lautstärke eines akustischen Reizes zu einer unangenehm empfundenen Lautstärke (ungefähr 100 dB) dar (Lehnhardt und Laszig, 2001; Mrowinski und Scholz, 2006; Kaschke, 2009).

Bei der Schallleitungsschwerhörigkeit zeigt sich im Sprachaudiogramm eine Versetzung der Zahlen- und Einsilberkurve zu lauterem Sprachschallpegeln hin (Boenninghaus und Lenarz, 2007; Probst et al., 2008). Dennoch wird bei ausreichend hohem Sprachschallpegel die 100%ige Einsilberverständlichkeit realisiert. Im Falle einer Schallempfindungsschwerhörigkeit kann die besagte 100%ige Einsilberverständlichkeit auch mit Hilfe maximaler Verstärkung nicht immer erlangt werden (Boenninghaus und Lenarz, 2007).

Im Allgemeinen findet die Sprachaudiometrie Anwendung bei der Verordnung und Anpassung von Hörgeräten, als Grundlage für Begutachtungen und bei fraglichen Tonaudiogrammen (z. B. bei Verdachtsfällen in Bezug auf Aggravation oder Simulation) (Mrowinski und Scholz, 2006; Kaschke, 2009). Insbesondere kann anhand des Sprachaudiogramms die Plausibilität des Tonaudiogramms überprüft werden, da beide miteinander korrelieren sollten (Kaschke, 2009).

### **1.5.2 Objektive Testverfahren**

Die objektiven Testverfahren entstehen ohne Mithilfe des Patienten und liefern Aussagen bezüglich des realen Hörvermögens und der Lokalisation der Läsion im Ohr (Plath, 1991). Dies geschieht, indem nur die auditorisch reizkorrelierten Parameter erfasst werden (Boenninghaus und Lenarz, 2007).

#### **1.5.2.1 Impedanzaudiometrie: Tympanogramm, Stapediusreflex**

Die Trommelfell-Impedanzmessung ermöglicht primär eine objektive Funktionsdiagnostik des Schallleitungsapparates. Bei physiologischem Trommelfell und Mittelohr wird die Mehrheit der

dargestellten Schallenergie aufgenommen und folglich dem Innenohr übermittelt. Zeitgleich wird ein verbleibend geringer Teil durch den akustischen Widerstand (= Impedanz) des Trommelfells und des Mittelohrs zurückgeworfen (Boenninghaus und Lenarz, 2007). Hierbei ist zu erwähnen, dass die demonstrierte Schallabsorption als Compliance bzw. Nachgiebigkeit des Trommelfells registriert wird (Probst et al., 2008). Folglich werden bei Impedanzänderungen die Amplitude und die Phase des vom Trommelfell zurückgeworfenen Schallanteils bei einem eingesetzten Sontenton, der meistens 220 Hz beträgt, gemessen (Mrowinski und Scholz, 2006; Boenninghaus und Lenarz, 2007; Franzen, 2007). In der Klinik werden insbesondere zwei Impedanzänderungen dargelegt, welche durch die Tympanometrie oder durch die Stapediusreflexmessung beschrieben werden. Die Messung des Stapediusreflexes folgt zeitlich der Erstellung des Tympanogramms (Probst et al., 2008). Als Voraussetzung für die Ausführung der Tympanometrie gilt das Vorhandensein eines intakten Trommelfells und die Möglichkeit den Gehörgang mittels einer Sonde luftdicht verschließen zu können (Hamann, 1991).

Bei der Tympanometrie wird die Impedanzänderung durch das Abändern des Luftdruckes im äußeren Gehörgang und eine daraus resultierender Veränderung des Spannungszustandes des Trommelfell-Gehörknöchelchen-Apparates entfacht (Boenninghaus und Lenarz, 2007).

Hierbei wird bei unversehrtem Gehörgang eine Luftdruckänderung von einem Überdruck über eine Druckgleichheit zu einem abschließenden Unterdruck erzeugt. Dies geschieht in dem Ohr, in welchem die Messsonde für den zurückgeworfenen Schall lokalisiert ist. Die Druckänderungen betragen zwischen  $\pm 300$  daPa (Decapascal) oder mmH<sub>2</sub>O (Millimeter Wassersäule) (Probst et al., 2008).

Die Impedanzänderung wird durch die Messung des reflektierten Sontentonschallanteils im Tympanogramm als Kurve gezeigt. Somit liefert das Tympanogramm Informationen über die Beschaffenheit des Trommelfells und hilft bei der Unterstreichung von Diagnosen wie z. B. Otosklerose oder Gehörknöchelchenluxationen.

Bei der Stapediusreflexmessung wird die Impedanzänderung durch eine reflektorische Kontraktion der Mittelohrmuskeln inklusive Anspannung der Gehörknöchelchenkette ausgelöst.

Bei der Durchführung wird ein Ohr mit einer Lautstärke von 70 bis 90 dB über der Schwelle beschallt, wodurch eine Kontraktion des Musculus stapedius auf dem ipsi- und kontralateralen Ohr erfolgt. Die kontralaterale Messung impliziert die Beschallung des ipsilateralen Ohres (Reizohres), welches die Auslösung des zu untersuchenden Stapediusreflexes im kontralateralen Ohr (Sondenohr, Messohr) verursacht. Folglich findet die Impedanzänderungsmessung auf dem kontralateralen Ohr statt. Dabei wird der zurückgeworfene Sontentonschallanteil registriert (Lehnhardt und Laszig, 2001; Boenninghaus und Lenarz, 2007).

Bei der ipsilateralen Messung befinden sich der akustische Reiz und die Messung der Impedanzänderung auf demselben Ohr (Mrowinski und Scholz, 2006; Kaschke, 2009).

Der Stapediusreflex ist hilfreich bei Aussagen über das Hörvermögen, das Vorhandensein eines Rekrutments (Metz-Rekrutment), den Zustand der Gehörknöchelchenkette, den Reflexbogen im Stammhirn, den Schädigungsort bei Fazialisparese, das Vorhandensein einer Hörermüdung und das Vorhandensein einer retrokochleären Schallempfindungsschwerhörigkeit auf dem beschallten Ohr. In letztem Fall würde sich ein größerer Raum zwischen Hör- und Reflexschwelle präsentieren oder der Stapediusreflex komplett ausbleiben (Boenninghaus und Lenarz, 2007).

### **1.5.2.2 Otoakustische Emissionen**

Unter otoakustischen Emissionen (OAE) versteht man Schallwellen, die ihren Ursprung im Innenohr haben und von dort weitergeleitet werden. Schließlich können die ausgesandten Schallsignale mit einem Miniaturmikrofon im äußeren Gehörgang ermittelt werden. Die äußeren Haarzellen werden als Schallquelle des Corti-Organ betrachtet und dabei durch minimale Schwingungen der Basiliarmembran zu intensivierten Eigenschwingungen bewegt. Durch diese mechanischen Bewegungen wird aktiv Schall produziert, der sich als otoakustische Emissionen dokumentieren lässt und als Zeichen eines physiologischen Hörvorgangs zu erkennen ist. Diese genannten Eigenschwingungen können spontan oder durch äußere Schallreize (evozierte OAE) hervorgerufen werden (Mrowinski und Scholz, 2006).

Die für diese Studie relevanten Emissionen sind distorsionsproduzierte otoakustische Emissionen (DPOAE) und transitorisch evozierte otoakustische Emissionen (TEAOE).

Die Distorsionsprodukte (DPOAE) kommen durch Stimulation des Ohres mit zwei Sinustönen verschiedener, dennoch nahe liegender Frequenzen hervor und können bei jedem Normalhörenden gezeigt werden. Mit der Messung der Distorsionsprodukte ist es möglich, dass ein Distorsionsprodukt jeglicher Region der Kochlea frequenzspezifisch zugeordnet werden kann. Bei der Messung werden mehrere Frequenzen geprüft, die in einem Kurvendiagramm verbildlicht werden.

Die transitorisch evozierten otoakustischen Emissionen (TEOAE) werden in den Frequenzen von 1 bis 5 kHz gemessen. Bis zu einer Hörfähigkeit von höchstens 30 dB dient diese Messung als Nachweismethode für eine Hörfähigkeit, die ein normales Sprachverstehen in Ruhe gewährt (Mrowinski und Scholz, 2006; Kaschke, 2009).

Insgesamt ist zu sagen, dass die otoakustischen Emissionen die Funktion oder die Funktionsstörungen der äußeren Haarzellen darlegen können. Die diagnostische Relevanz bezieht

sich daher auf die Einteilung in kochleäre oder retrokochleäre Hörstörungen (Kaschke, 2009). Somit würden die OAE bei der kochleären Schallempfindungsschwerhörigkeit fehlen und bei der retrokochleären Schwerhörigkeit zu erfassen sein (Boenninghaus und Lenarz, 2007).

Die übrigen Indikationen für die Anwendung von otoakustischen Emissionen sind die Früherfassung ototoxischer Schädigungen, das Hörscreening von Neugeborenen und die Hörschwellenüberprüfung bei Simulation, Aggravation wie auch bei psychogenen Störungen (Kaschke, 2009).

### **1.5.2.3 Akustische evozierte Potenziale (AEP)**

Bei den akustisch evozierten Potenzialen (AEP) entstehen aufgrund periodisch akustischer Reizeinflüsse elektrische Potenzialschwankungen des Hörsystems, die sinnesspezifisch sind. Diese Potenzialschwankungen können durch computergestützte Mittelungsverfahren (Averaging) vom überlagerten und vom Reiz unabhängigen Elektroenzephalogramm (EEG) isoliert werden. Die Ableitung der AEP wird entweder durch Nadelelektroden vom Promontorium oder durch Oberflächenelektroden vom Schädel erfasst (Boenninghaus und Lenarz, 2007; Probst et al., 2008).

Die AEP nehmen ihren Ursprung in örtlich-zeitlicher Abfolge entlang der Hörbahn, der Kochlea und der Hörrinde, welche partielle Aufgaben des Hörvorgangs wiedergeben und folglich topografisch gewissen anatomischen Anordnungen zugeteilt werden können (Boenninghaus und Lenarz, 2007).

Anhand des zeitlichen Auftretens nach dem akustischen Reiz oder ihrer Latenzzeit (ms) werden die Eigenarten und Formen der akustisch evozierten Potenziale beeinflusst.

AEP mit kurzer Latenz zeigen sich dann sehr kurz nach einem Reiz, wenn sie anatomischen Strukturen zugeordnet werden, die zeitig nach einem akustischen Reiz stimuliert werden.

Somit können die AEP im Hinblick auf die anatomischen Strukturen, die Reizart und die verschiedenen Latenzen unterschieden werden.

Die für die Studie verwendete BERA (brainstem electric response auditory) zählt zu den Hirnstammpotenzialen früher Latenz und spiegelt somit über Oberflächenelektroden an Mastoid und Vertex die frühen akustisch evozierten Potenziale (FAEP) wider (Boenninghaus und Lenarz, 2007; Probst et al., 2008). Dabei zeichnet die BERA die Potenziale des Hörnervs und des Hirnstamms auf, was mit Latenzen bis ungefähr 10 ms geschieht. Folglich entstehen 5 bis 6 Potenziale, die nach Jewett mit den Ziffern I bis VI dargestellt werden und anatomischen Bereichen in etwa zugeordnet werden können. Diese Zuordnung ist bei abgeänderten Potenzialen nicht mehr durchführbar (Probst et al., 2008). Demnach erweist sich die Latenzzeit bei der kochleären

Schallempfindungsschwerhörigkeit als unauffällig, während ein retrokochleärer Hörschaden zu einer verlängerten Latenzzeit führt.

Die wichtigsten Einsatzgebiete für die Anwendung von auditorisch evozierten Hirnstammpotenzialen sind sowohl die Hörschwellenbestimmung bei Verdacht auf Aggravation, Simulation oder psychogene Hörstörung als auch die Unterscheidung in kochleäre und retrokochleäre Hörstörung (Boenninghaus und Lenarz, 2007). Daneben helfen sie bei pädaudiologischen Fragestellungen, bei intraoperativer Kontrolle des Gehörs, in der Frühdiagnostik des Akustikusneurinoms und bei Hydropsnachweis bei Morbus Menière (Boenninghaus und Lenarz, 2007; Probst et al., 2008).

Zur Abklärung der Ursache von retrokochleärer Schwerhörigkeit sollte stets eine Magnetresonanztomografie (MRT) durchgeführt werden (Probst et al., 2008). Diese liefert überlagerungsfreie Schnittbilder, die eine sehr kontrastreiche Weichteildifferenzierung ermöglichen. Dadurch können genaue Angaben bezüglich Tumorausdehnungen, Entzündungsprozessen, Metastasen und Cholesteatomen erzielt werden. Dabei resultiert aus einem MRT mit dem Kontrastmittel Gadolinium-DTPA die beste Darstellung von Akustikusneurinomen oder Gefäßschlingen. Außerdem lassen sich die genaue Lage des Nervus facialis und des Nervus vestibulocochlearis sowie die mit Flüssigkeit angefüllten Bereiche des Innenohres in T2-Gewichtung verbildlichen. Zusätzlich dient es als Beleg von intrakraniellen Blutungen, entzündlichen endokraniellen Komplikationen und der Ausbreitung von Glomustumoren (Boenninghaus und Lenarz, 2007). Da das Erstellen eines MRT eine schädigende Lärmbelastung von bis zu 115 dB mit sich bringt (Radeleff et al., 2006) und demzufolge zu einem akuten Lärmschaden führen kann, sollte nach gerade erlittenem Hörsturz mit der Durchführung noch abgewartet werden. Anderenfalls müssen Gehörschutzmaßnahmen vorhanden sein (Franzen, 2007).

## 1.6 Voraussetzungen und Ziele

Wie in Punkt 1.1 bereits dargestellt, muss das audiometrische Gesamtbild in der Begutachtung stimmig erscheinen. Daher ist der Gutachter durch das Königsteiner Merkblatt dazu angehalten Plausibilitätsprüfungen für die ermittelten Befunde durchzuführen, um eventuelle Aggravations- oder Simulationsversuche aufdecken zu können, und im gegebenen Fall entgegensteuern zu können. Dabei sind unter anderem die Messwerte der ton- und sprachaudiometrischen Untersuchungen und deren Beziehung zueinander von Bedeutung. Da bestimmte Werte des Ton- und Sprachaudiogramms miteinander korrelieren, lässt sich eine Plausibilitätsprüfung der

Hörfunde durchführen. Diesbezüglich besagt das Königsteiner Merkblatt, dass der Hörverlust für Zahlen im Sprachaudiogramm mit dem mittleren Hörverlust im Tonaudiogramm für die Frequenzen 250, 500 und 1000 Hz korrelieren bzw. diesem entsprechen muss (HVBG, 1996).

Diesem Sachverhalt nahm sich Brusis, der Mitverfasser des Königsteiner Merkblattes, im Jahr 1999 erneut an. Dabei konkretisierte er, inwieweit der mittlere Hörverlust aus den genannten Frequenzen des Tonaudiogramms vom Hörverlust für Zahlen des Sprachaudiogramms abweichen dürfe. Nach seinen damaligen Untersuchungen darf die Standardabweichung aus diesen beiden Komponenten bis zum heutigen Zeitpunkt nicht mehr als  $\pm 5$  dB betragen (Brusis, 1999). Der Thematik bezüglich Korrelation zwischen dem Ton- und Sprachaudiogramm widmeten sich auch andere Autoren. Im Unterschied zum Königsteiner Merkblatt und zu den Aussagen von Brusis geben sowohl Plath (1971, 1991) und Lehnhardt (1977, 1981) als auch Feldmann (2006) an, dass der Hörverlust für Zahlen im Sprachaudiogramm in erster Linie durch den Frequenzbereich von 500 bis 1000 Hz bestimmt werde. Folglich müsse in einem stimmigen Gutachtenfall der Hörverlust für Zahlen dem mittleren Hörverlust bei 500 und 1000 Hz nahe kommen.

Diesen beiden Varianten der Mittelwertbildung aus den Hörverlusten steht eine weitere entgegen. So bedient sich der berufsgenossenschaftliche Grundsatz für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Grundsatz 20 „Lärm“ einer dritten Kombinationsmöglichkeit der Frequenzen. Demnach werden die Probanden nach dem Untersuchungsbogen „Lärm III“ untersucht, für die die arbeitsmedizinische Beurteilung „Dauernde gesundheitliche Bedenken“ in Betracht gezogen werden muss. Die erweiterte Ergänzungsuntersuchung nach Lärm III liefert gegenüber der Ergänzungsuntersuchung nach Lärm II erweiterte Möglichkeiten einer otologischen Diagnose, für welche meist ein Hals-Nasen-Ohren-Arzt beauftragt wird (DGUV, 2010). Dieser muss mitunter bei der Erstellung seines Befundes überprüfen, ob der Hörverlust für Zahlen aus dem Sprachaudiogramm mit den mittleren Hörverlusten aus 500, 1000 und 2000 Hz korreliert (Feldmann, 2006).

Auch Röser (1963, 1967) wählte diese Formierung der Frequenzen, wenn auch mit unterschiedlicher Gewichtung.

Generell muss im Falle einer auftretenden Diskrepanz zwischen ton- und sprachaudiometrischen Messwerten dieser Widerspruch geklärt werden. Folglich sollte entweder eine Pause eingelegt werden, oder ein neuer Termin für die Untersuchung festgelegt werden. Bei nochmaligen Widersprüchlichkeiten muss dies dann im Gutachten vermerkt werden (HVBG, 1996; Brusis, 1999). Außerdem sollte der Gutachter die Tatsache berücksichtigen, dass bei Aggravation das Tonaudiogramm meist schlechter ausfällt als das Sprachaudiogramm (Feldmann, 2006).

Während bei diesen Kombinationsmöglichkeiten die Korrelation zwischen dem sprachaudiometrischen Hörverlust für Zahlen und dem tonaudiometrischen Hörverlust im Mittelpunkt steht,



gibt es auch eine Beziehung zwischen dem Einsilberversprechen im Sprachaudiogramm und dem Beginn des Hochtonabfalls im Tonaudiogramm (Lehnhardt, 1981).

Folglich ist die kochleäre Innenohrschwerhörigkeit mit Hochtonabfall dadurch charakterisiert, dass bei fast normaler Hörschwelle im Tieftonbereich das Zahlengehör noch relativ gut intakt ist. Das Einsilberversprechen hingegen demonstriert sich um so geringer, je weiter der Mitteltonbereich bereits vom Hochtonabfall betroffen ist (Lehnhardt und Laszig, 2001). Somit fand Lehnhardt schon 1973 eine feste Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust  $> 40$  dB) bei den Frequenzen 1, 2 und 3 kHz im Tonaudiogramm und dem Einsilberversprechen für 65 dB im Sprachaudiogramm. Der anfänglich aus Erfahrungswerten gewonnene enge Zusammenhang zwischen Ton- und Sprachgehör wurde später auch statistisch belegt (Lehnhardt, 1977; Battmer und Lehnhardt, 1984).

So gelten folgende Konstellationen bei vorliegender Innenohrhochtonschwerhörigkeit: Bei einem Hörverlust von  $> 40$  dB ab 1 kHz liegt das Einsilberversprechen für 65 dB bei  $< 30\%$ . Im Falle eines Hörverlustes  $> 40$  dB ab 2 kHz befindet sich das Einsilberversprechen des Probanden zwischen 30 und 70%. Sollte der Hörverlust  $> 40$  dB ab 3 kHz liegen, so beträgt das Einsilberversprechen  $> 70\%$ . Da sich diese Beziehung der innenohrbedingten Hochtonschwerhörigkeit so konstant demonstriert, kann sie ebenfalls für die Begutachtung von Lärmschwerhörigkeit genutzt werden (Lehnhardt und Laszig, 2001).

Falls die Messwerte von dieser formulierten Kongruenz abweichen sollten, muss nach apparativen Mängeln, Anzeichen von Aggravation oder nach einer Schwerhörigkeit mit neuraler bzw. zentraler Genese gefahndet werden. Denn generell gilt der Zusammenhang zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls und dem Einsilberversprechen ausschließlich für innenohrbedingte Hochtonschwerhörigkeiten (Battmer und Lehnhardt, 1984; Lehnhardt und Laszig, 2001).

Schließlich führen die oben aufgeführten Gegebenheiten zu folgenden Fragestellungen bzw. Zielsetzungen der Arbeit:

Substudie 1: bezieht sich auf alle drei Patientengruppen (Normalhörende, Schwerhörige ohne Gutachtenhintergrund, Gutachtenpatienten)

- Welche Frequenzzusammenstellung für die Berechnung der mittleren Hörverluste im Tonaudiogramm liefert die besten und genauesten Angaben in Zusammenhang mit dem Hörverlust für Zahlen? Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz), Gruppe B (500 und 1000 Hz) oder Gruppe C (500, 1000 und 2000 Hz)?

- Wie viele Patienten weichen zur einzelnen Gruppe von der  $\pm 5$  dB Begrenzung von Brusis (1999) ab?
- Was ist mit den Patienten, die aus der  $\pm 5$  dB Begrenzung fallen?
- Ist die  $\pm 5$  dB Begrenzung gerechtfertigt? Oder ab welchem dB-Wert kann gesagt werden, dass keine Übereinstimmung zwischen dem Hörverlust für Zahlen und dem Mittelwert aus den Hörverlusten (Gruppe A, B, C) vorliegt, und es sich um eine eventuelle Aggravation handelt?

Bezogen auf die feste Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust  $> 40$  dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberversuchen für 65 dB wurde ausschließlich bei den schwerhörigen Patienten mit Innenohrhochtonschwerhörigkeit getestet, da diese keinen Nutzen aus Aggravation ziehen würden. Hierbei war insbesondere von Bedeutung:

Substudie 2: bezieht sich auf das schwerhörige Patientengut ohne Gutachtenhintergrund

- Wie ist die Belegung der einzelnen Parzellen der resultierenden Kreuztabelle?
- Passen alle Patienten in dieses Raster? Wie viele fallen raus?
- Gibt es eine symmetrische Verteilung bezüglich dieses Rasters?

Folglich stellte sich die Frage, ob sich bei den Gutachtenpatienten mit Innenohrhochtonschwerhörigkeit eine ähnliche feste Beziehung wie in Substudie 2 herstellen lässt. Da bei diesem Kollektiv das Einsilberversuchen für 60, 80 und 100 dB getestet wurde, resultierte folgende Fragestellung:

Substudie 3: bezieht sich auf die Gutachtenpatienten

- Inwieweit besteht eine Korrelation zwischen dem Einsilberversuchen im Sprachaudiogramm (für 60, 80 und 100 dB) und dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust  $> 20$ ,  $> 30$ ,  $> 40$ ,  $> 50$  und  $> 60$  dB) ab 1, 2, 3, 4 und 6 kHz im Tonaudiogramm?
- Lässt sich aus den einzelnen Varianten eine feste Beziehung bzw. eine Regel anhand der Besetzungen der Parzellen finden? Welches ist die beste bzw. eindeutigste Beziehung?

## **2 PATIENTEN UND METHODIK**

### **2.1 Patientenkollektiv**

Das Patientenkollektiv für diese retrospektive Studie setzte sich aus drei Vergleichsgruppen zusammen. Somit wurden die Gruppen von 80 normalhörenden Patienten, 106 schwerhörigen Patienten und 135 Gutachtenpatienten gebildet.

#### **2.1.1 Normalhörende Patienten**

Diese Gruppe wurde von 80 Patienten repräsentiert, die nachstehende Eigenschaften erfüllen mussten:

- Normalhörigkeit an beiden Ohren
- Tonschwelle im Bereich aller acht geprüften Frequenzen (250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 und 8000 Hz) im Bereich von -10 dB bis +20 dB
- Prüfung des Hörverlustes für Zahlen
- Patientenalter  $\geq 7$  Jahre

56 Untersuchte, davon 31 Frauen (55,4%) und 25 Männer (44,6%), stammten aus dem Patientenbestand des Klinikum Großhadern. Eben diese wurden in einem Zeitraum von April 1999 bis Januar 2009 in der Audiologie der Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde, Klinikum Großhadern der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München untersucht. Die Daten der restlichen 24 Patientendaten, davon 15 Frauen (62,5%) und 9 Männer (37,5%), konnten aus der Abteilung Audiologie der Klinik und Poliklinik der Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde, Klinikum Innenstadt der LMU München gewonnen werden. Dort wurden die Patienten in der Zeitspanne von August 2008 bis Januar 2009 untersucht.

Der Grund des Erscheinens war bei 14 Patienten (17,5%) ein isoliert vorhandener Tinnitus, der entweder beidseits oder einseitig vorhanden war. Bei 11 Patienten (13,8%) wurde als Diagnose Schwindel gestellt, der sich in Form eines Schwank-, Dreh- oder Lagerungsschwindels präsentierte. Als Erscheinungsgrund galt bei 2 Patienten (2,5%) auch eine Kombination aus isoliertem Tinnitus und Schwindel.

Weitere 6 Normalhörende (7,5%) suchten die HNO-Abteilung auf, da sie an Ohrenschmerzen oder einem entzündeten Gehörgang litten. Eine Tubenventilationsstörung war bei 4 Patienten (5,0%)

vorzufinden. Bei 6 jungen Erwachsenen (7,5%) sollte eine mögliche auditive Wahrnehmungs- und Verarbeitungsstörung abgeklärt werden. 9 Patienten (11,3%) kamen aufgrund eines geforderten Konsils durch andere Abteilungen. 7 Patienten (8,8%) erschienen, um ein Kontrollaudiogramm erstellen zu lassen. Veranlassung dazu waren HNO-ärztliche Operationen, die bei 1 Patient (1,3%) eine präoperative und bei 4 Patienten (5,0%) eine postoperative Abklärung der Hörfähigkeit forderten. Bei 2 Patienten (2,5%) sollte die Wirkung der Infusionstherapie begründet durch einen Hörsturz via Hörvermögen kontrolliert werden.

Andere 8 Patienten (10,0%) kamen aus anderen Gründen wie chronischer Sinusitis, Dysphonie, rezidivierenden Pharyngitiden, Kiefergelenksbeschwerden, Allergien oder subjektiver Hörminderung.

Die Akten der verbleibenden 13 Patienten (16,3%) konnten nicht eingesehen werden, so dass über den Erscheinungsgrund keine Auskunft möglich war.

Insgesamt bildeten 46 Frauen (57,5%) und 34 Männer (42,5%) die Gruppe der normalhörenden Patienten. Dabei zeigte sich eine Altersspanne von 7 bis 70 Jahren. Das mittlere Alter aller Untersuchten betrug 27,3 Jahre und der Altersmedian lag bei 28 Jahren.

## **2.1.2 Schwerhörige Patienten**

Es wurden 106 schwerhörige Patienten ausgewählt, die folgenden Kriterien unterliegen mussten:

- Innenohrhochtonschwerhörigkeit an beiden Ohren
- kochleärer Hörschaden
- Patientenalter  $\geq 7$  Jahre

102 Patienten (96,2%) dieses Kollektivs hatten die Audiologie der Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde, Klinikum Großhadern der LMU München in der Zeitspanne von Januar 1991 bis Januar 2009 aufgesucht. Dazu kamen weitere 4 Patienten (3,8%), die die Audiologie der Klinik und Poliklinik der Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde, Klinikum Innenstadt der LMU München von Juni 2004 bis Februar 2008 besucht hatten. Allen 106 Patienten wurde als Diagnose eine beidseitige Innenohrhochtonschwerhörigkeit gestellt. Davon litten noch 22 Patienten zusätzlich an einem Tinnitus, der sich ein- oder beidseitig zeigte.

Grundlegende Intention des Besuches war sowohl im Klinikum Großhadern als auch im Klinikum Innenstadt der Erhalt einer neuen Hörgeräteversorgung. Die hierfür notwendige ärztliche Verordnung wurde 84 Patienten (79,2%) ausgestellt. Zusätzlich bestand im Klinikum Großhadern

noch die Möglichkeit, dass Patienten zur Hörgeräteüberprüfung eines bereits erhaltenen Hörgerätes kamen. Diese Kontrolle nutzten 22 Patienten (20,8%).

79 der 106 Patienten (74,5%) waren zum Zeitpunkt der Untersuchung noch keine Träger eines Hörgerätes. Dagegen waren 27 Patienten (25,5%) bereits Träger und benötigten ein neues Hörgerät wegen Verschlechterung des Gehörs.

In toto bestand die Geschlechteraufteilung des schwerhörigen Patientengutes aus 65 Frauen (61,3%) und 41 Männern (38,7%). Der jüngste Schwerhörige wies ein Alter von 11 Jahren auf. Dagegen zeigte der älteste Patient dieses Kollektivs ein Alter von 92 Jahren. Das mittlere Alter aller Schwerhörigen befand sich bei 62,2 Jahren. Der Median des Alters präsentierte sich bei 66 Jahren.

### **2.1.3 Gutachtenpatienten**

Dieser Patientenkreis wurde von 135 Patienten gebildet, welche nachstehende Attribute aufweisen mussten:

- Gutachtenpatienten bezüglich beider Ohren
- Innenohrschwerhörigkeit (mit Hochtonsenke, Hochtonschräg- oder Hochtonteilabfall, mit wannenförmigem oder pankochleärem Kurvenverlauf, oder in Form eines kombinierten Hörverlustes)
- kochleärer Hörschaden (die Tests bzgl. kochleärem Hörschaden konnten sich im Gutachten auch unschlüssig zeigen, da in diesen Fällen keine BERA zum definitiven Ausschluss von retrokochleärem Hörschaden angefertigt worden waren, wurden diese Patienten zusätzlich in Gutachten-Untergruppen getestet)
- Patientenalter  $\geq 7$  Jahre

Dieses Kollektiv hatte die Privatpraxis von Frau Prof. Schorn im HNO-Zentrum Starnberg im Zeitraum von April 2004 bis November 2008 hinsichtlich einer Begutachtung aufgesucht.

77 der besagten Patienten (57,0%) kamen aufgrund von jahrelanger beruflicher Lärmexposition und daraus resultierender Schwerhörigkeit in geringgradiger bis hochgradiger Form.

Dagegen erlitten 41 Patienten (30,4%) einen Unfall in Form eines Verkehrsunfalls (Fahrrad oder Auto) oder eines Arbeitsunfalls, der sich entweder durch Lärmexposition im Sinne eines Knalltraumas oder von der Genese eines Knalltraumas bei Schädeltrauma ohne ohrnahe Fraktur (Commotio labyrinthi) zeigte. Die übrigen 17 Patienten (12,6%) wurden angesichts

verschiedenartiger Vorfälle begutachtet wie Zustand nach Hörsturz, Nasopharynxkarzinom, Gentamycingabe und Niereninsuffizienz. Feststellungen nach dem Schwerbehindertenrecht, die Abklärung der Kostenübernahme für bzw. die Zuzahlung zu Hörgeräten und die Frage nach der Weiterführung bisher verrichteter Arbeit sind als weiterer Anlass für die Begutachtung zu nennen. Insgesamt wurde bei 100 Patienten (74,1%) beidseitig eine Innenohrhochtonschwerhörigkeit diagnostiziert. Bei weiteren 18 Patienten (13,3%) war beidseitig eine Innenohrschwerhörigkeit zu diagnostizieren, die durch einen pankochleären Kurvenverlauf charakterisiert werden konnte. 2 Patienten (1,5%) litten beidseits an einer kombinierten Schwerhörigkeit, wohingegen bei 3 Patienten (2,2%) auf beiden Ohren ein normalhörendes Gehör vorzufinden war.

Auch gab es die Möglichkeit, dass die Art der Schwerhörigkeit nicht symmetrisch vorhanden war. So erwies sich bei den restlichen 12 Patienten (8,9%) eine Varietät an Kombinationen. Dies bedeutete, dass bei 6 Patienten eine Innenohrhochtonschwerhörigkeit rechtsseitig vorlag. Bei denselben Patienten zeigte sich linksseitig 3-mal eine kombinierte Schwerhörigkeit, 2-mal eine Innenohrschwerhörigkeit mit pankochleärem Kurvenverlauf und 1-mal eine Innenohrschwerhörigkeit mit wannenförmigem Verlauf. Die anderen 5 Patienten litten linksseitig an einer Innenohrhochtonschwerhörigkeit. Als Pendant hierzu wiesen die rechten Ohren 2-mal eine kombinierte Schwerhörigkeit, 2-mal eine Innenohrschwerhörigkeit mit pankochleärem Kurvenverlauf und 1-mal eine Normalhörigkeit auf. Als letzte Kombinationsmöglichkeit zeigte sich 1 Patient, dem rechts eine pankochleäre Innenohrschwerhörigkeit und links eine kombinierte Schwerhörigkeit diagnostiziert wurde.

Neben der Schwerhörigkeit gaben 27 Patienten (20,0%) eine weitere Beeinträchtigung wie Tinnitus, Schwindel, Sprachverständigungsschwierigkeiten oder sonstige Beschwerden an. Bei 93 Untersuchten (68,9%) zeigten sich auch Verbindungen aus zwei oder drei zusätzlichen Leiden.

Des Weiteren gaben 10 Patienten (7,4%) an, alle vier Beeinträchtigungen zu haben. Bei 5 Patienten (3,7%) gab es keine weiteren Beschwerden neben der Schwerhörigkeit.

Die Intention dieses Patientengutes war bei 49 Patienten (36,3%): Anerkennung der Berufskrankheit, Minderung der Erwerbsfähigkeit, Erhalten einer Rente, Deklaration der Folgen eines Unfalls, Entschädigungszahlungen, Klärung der Kostenübernahme bzw. Notwendigkeit einer Hörgeräteversorgung oder sonstige Belange. 86 Patienten (63,7%) wollten verschiedene Kombinationsmöglichkeiten aus den bereits erwähnten Forderungen geltend machen.

Im Ganzen wurden 123 Männer (91,1%) und 12 Frauen (8,9%) hinsichtlich eines Gutachtens untersucht.

Zum Zeitpunkt der Untersuchung wies der jüngste Patient ein Alter von 10 Jahren auf. Dagegen hatte der älteste Patient dieser Gruppe ein Alter von 83 Jahren. Das mittlere Alter lag bei 55,4 Jahren. Hierbei legte der Altersmedian seinen Wert bei 57 Jahren dar.

## 2.2 Geräte

Für die vorliegende retrospektive Studie kamen folgende Geräte für die unterschiedlichen Testverfahren zum Einsatz, die an dieser Stelle kurz tabellarisch anhand Tabelle 1 und 2 dargestellt werden.

### 2.2.1 Geräte der subjektiven Testverfahren

**Tabelle 1:** Überblick über die für diese Studie verwendeten Geräte in Bezug auf die Gewinnung der subjektiven Patientendaten.

Testverfahren	Gerät	Hersteller/Vertrieb
<b>Test nach Rinne und Weber</b>	Stimmgabel a1 440 Hz mit Fuß	Aesculap, Tuttlingen
<b>Tonaudiometrie</b>	Audiometer AT900 (Version 1.2.0.02) Reintonaudiometer DIN EN 60645-1 Höchsttonaudiometer DIN EN 60645-4	Auritec GmbH, Hamburg
	Audiometer AT330, AT300	Auritec GmbH, Hamburg
<b>Sprachaudiometrie</b>	Audiometer AT900 Sprachaudiometer DIN EN 60645-2 Audiometrie Disc Nr. 1A, DIN 45621 und DIN 45626	Auritec GmbH, Hamburg  Westra Electronic GmbH, Wertingen
	Audiometer AT330 Audiometrie Disc Nr. 1A, DIN 45621 und DIN 45626	Auritec GmbH, Hamburg Westra Electronic GmbH, Wertingen
	Audiometer AT300 Audiometrie Disc Nr. 1A, DIN 45621 und DIN 45626	Auritec GmbH, Hamburg Westra Electronic GmbH, Wertingen

Dabei wurden sowohl die Ton- als auch die Sprachaudiometrie mit Hilfe der Kopfhörer DT 48 der beyerdynamic GmbH & Co. KG, Heilbronn durchgeführt.

## 2.2.2 Geräte der objektiven Testverfahren

**Tabelle 2:** Überblick über die für diese Studie verwendeten Geräte in Bezug auf die Gewinnung der objektiven Patientendaten.

Testverfahren	Gerät	Hersteller/Vertrieb
<b>SISI-Test/Langenbeck/Carhart</b>	Audiometer AT900, AT330, AT300	Auritec GmbH, Hamburg
<b>Impedanzmessung</b>	Audiometer AT900 mit integriertem Einschubmodul AT912	Auritec GmbH, Hamburg
	Audiometer AT330	Auritec GmbH, Hamburg
	GSI 33 Middle-Ear-Analyser Modellnummer: 1733	Grason-Stadler Company, Littleton (MA), USA
<b>Otoakustische Emissionen</b>	Madsen Capella Part NO 7-26-55001	GN Otometrics A/S, Taastrup, Dänemark
	ILO 88	Otodynamics Ltd., Hatfield Herts, United Kingdom
	Ero-Scan	Maico Diagnostik GmbH, Berlin
<b>Frühe akustische evozierte Potenziale (FAEP/BERA)</b>	ZLE-(B)ERA-Programm	ZLE-Systemtechnik, München
	Evo-star 2	Pilot, Blankenfelde
<b>Magnetresonanztomografie</b>	Magnetom Avanto 1.5 T Magnetom Sonata 1.5 T Magnetom Symphony 1.5 T Magnetom Verio 3 T	Siemens AG Medical Solutions, Erlangen

## 2.2.3 Sonstiges Material

Die Patienten- und Messdatenspeicherung erfolgte im Klinikum Großhadern mit der Software Avantgarde 3.0 der Firma Auritec GmbH, Hamburg in Verbindung mit dem AT900.

Außerdem waren die Ton- und Sprachaudiogramme inklusive Diagnose im Klinikum Großhadern per Ausdruck in den Aktenschränken der Audiologie alphabetisch eingeordnet.



Im Klinikum Innenstadt wurden besagte Daten der Patienten auf dafür vorgesehenen Disketten gespeichert, die chronologisch nach Behandlungsdatum sortiert waren.

Im HNO-Zentrum Starnberg wurden die kompletten Gutachtendaten durch Frau Prof. Schorn alphabetisch und nach Jahreszahl in Ordnern dokumentiert.

## **2.3 Methodik**

### **2.3.1 Allgemeine Vorgehensweise**

Auch wenn sich die drei Patientengruppen in manchen Punkten des methodischen Vorgehens unterschieden, so waren einheitliche Hauptmerkmale zu finden. Für die Datenerhebung dieser retrospektiven Analyse interessierten die Messwerte der Ton- und Sprachaudiogramme, die jeweils für das rechte und das linke Ohr getrennt bestimmt worden waren. Somit wurden pro Patient jeweils zwei Ton- und zwei Sprachaudiogramme ausgewertet und in einer mit der Patientengruppe gekennzeichneten Tabelle (in SPSS 16.0) festgehalten. Im Tonaudiogramm wurde die Luftleitungskurve betrachtet, welche den Hörverlust (in dB) bei den zu beobachtenden Frequenzen zwischen 250 und 8000 Hz (ausgenommen 750 und 1750 Hz) zeigte. Diese wurde in einer mit der Patientengruppe gekennzeichneten Tabelle (in SPSS 16.0) notiert. Das Sprachaudiogramm brachte Aufschluss darüber welcher Sprachschallpegel (in dB) benötigt wurde, um mindestens eine 50%ige Verständlichkeit für Zahlen (Zahlenverstehen) zu erzielen. Dabei wurde der Freiburger Sprachtest verwendet. Wenn mit einem Sprachschallpegel direkt die 50%ige Verständlichkeit erreicht worden war, wurden 18 dB vom dB-Wert des Sprachschallpegels subtrahiert. Daraus resultierte der Hörverlust für Zahlen, der in einem ungefähren Wert auch anhand der Hörverlustskala abzulesen war. Wenn die 50%ige Verständlichkeit zwischen zwei verschiedenen Sprachschallpegelwerten erzielt worden war, wurden vom höheren dB-Wert 20 dB abgezogen. Zusätzlich wurde aus dem Sprachaudiogramm auch das Einsilberverstehen (in %) für alle getesteten Sprachschallpegel ermittelt.

Für Substudie 1 wurden drei verschiedene Gruppen (A, B oder C) gebildet, die die Mittelwerte (MW) der Hörverluste (HV) aus verschiedenen Frequenzkombinationen innerhalb eines Patientenkollektivs darlegten.

Die Aufteilung galt wie folgt:

- MW Gruppe A = (Addition der HV bei 250, 500 und 1000 Hz) geteilt durch 3
- MW Gruppe B = (Addition der HV bei 500 und 1000 Hz) geteilt durch 2
- MW Gruppe C = (Addition der HV bei 500, 1000 und 2000 Hz) geteilt durch 3

Der dokumentierte Hörverlust für Zahlen (HVZ) und die gewonnen Mittelwerte (MW) dienen dazu eine Differenz bilden zu können, was wie folgt in jeder Gruppe vorgenommen wurde:

- Differenz Gruppe A = MW Gruppe A minus HVZ
- Differenz Gruppe B = MW Gruppe B minus HVZ
- Differenz Gruppe C = MW Gruppe C minus HVZ

Somit wurde nach dem rechten und linken Ohr getrennt für alle drei Patientengruppen in einer für jede Gruppe erstellten Tabelle folgendes dokumentiert:

- Basisdaten (Patienten-ID, Erwachsener oder Kind, Untersuchungsdatum, Name, Geburtsdatum, Alter, Geschlecht, Grund des Erscheinens bzw. Art der Beschwerden)
- Seite des Ohres (rechtes oder linkes Ohr)
- Hörverluste im Tonaudiogramm bei 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 und 8000 Hz
- Hörverlust für Zahlen
- Mittelwerte aus den Hörverlusten der Gruppe A, Gruppe B und Gruppe C
- Differenz aus den Mittelwerten Gruppe A, B oder C und dem Hörverlust für Zahlen

### **2.3.2 Methodik der normalhörenden Patienten**

Die Datengewinnung der normalhörenden Patienten wurde auf drei verschiedenen Wegen durchgeführt. Für dieses Kollektiv waren die Hörverluste im Tonaudiogramm als auch das Zahlenverstehen im Sprachaudiogramm von Interesse.

Die Ton- und Sprachaudiogramme im Klinikum Großhadern wurden entweder mit dem Audiometer AT900 oder dem Vorgängermodell AT330 erstellt. Diese Audiogramme wurden in ausgedruckter Form in einer dafür vorgesehene Mappe eingelegt und gesammelt.

Zusätzliche Unterstützung wurde durch das Computerprogramm Avantgarde 3.0 gewonnen, welches mit Hilfe des Suchprogramms die Normalhörigen filtern konnte. Ziel war es weitere Normalhörende der letzten Jahre zu finden, die ebenso auf ihr Zahlenverständnis getestet wurden.

Als dritte Möglichkeit der Datenbeschaffung von normalhörenden Patienten galt die HNO-Abteilung des Klinikum Innenstadt. Dort wurden die Patienten in der Zeitspanne von September 2008 bis Januar 2009 mit Hilfe des AT300 untersucht. Eine weitere Patientin wurde durch Suche auf einer mit Patientendaten gespeicherten Diskette im AT300 gefunden. Diese kam im August 2008 in das Klinikum Innenstadt.

Generell war in der HNO-Abteilung des Klinikum Großhadern und des Klinikum Innenstadt gleichermaßen vorgegangen worden, da die audiologischen Untersuchungen bei Normalhörenden stets mit dem rechten Ohr begonnen hatten.

Alle Patientendaten, wie in „2.3.1 Allgemeine Vorgehensweise“ bereits genannt, wurden festgehalten.

### **2.3.3 Methodik der schwerhörigen Patienten**

Für diese Patientengruppe wurde das Augenmerk sowohl auf die Hörverluste im Tonaudiogramm als auch auf das Zahlen- bzw. Einsilberversprechen im Sprachaudiogramm gerichtet.

Die Patienten für die Datenerhebung der schwerhörigen Gruppe wurden aus dem Aktschrank der Audiologieabteilung des Klinikum Großhadern gewonnen. Dort wurden alle Audiogramme in alphabetischer Reihenfolge der Patientennamen vorgefunden. Es wurden die Patienten ausgesucht, die als Diagnose eine Innenohrhochtonschwerhörigkeit vorweisen konnten. Gleichzeitig musste das Einsilberversprechen bei 65 dB getestet worden sein. Hierbei war es möglich auch ältere Behandlungsjahre zu finden, so dass die Jahre Januar 1991 bis Januar 2009 eingesehen werden konnten. Das Kriterium bezüglich des kochleären Hörschadens ließ sich durch die jeweiligen Patientenakten aus dem Archiv nachweisen. Dies zeigte sich durch die Anamnese sowie die Symmetrie von Sprach- und Tonaudiogramm, welche entweder mit dem AT900 oder AT330 erstellt wurden, sowie durch OAES, die mit dem ILO 88 oder dem Madsen Capella durchgeführt wurden. Außerdem ließ sich der kochleäre Hörschaden durch die Impedanzmessung (mittels Stapediusreflexmessung) mit dem AT900 oder AT330 nachweisen. Falls diese Methoden noch Unschlüssigkeiten bezüglich eines kochleären Hörschadens zeigten, war eine Hirnstamm-audiometrie durchgeführt worden. Diese wurde in all den dokumentierten Jahren immer durch denselben Dipl. Physiker erstellt. Laut Akten war in einigen Fällen eine Magnetresonanztomografie notwendig gewesen. Diese wurde in der radiologischen Abteilung des Klinikum Großhadern ausgeführt. Dafür standen vier Geräte bereit: Magnetom Avanto 1.5 T, Magnetom Sonata 1.5 T, Magnetom Symphony 1.5 T und Magnetom Verio 3 T.

Gleichzeitig wurde die Datensuche durch das Suchprogramm Avantgarde 3.0 unterstützt, welches schwerhörige Patienten mit Innenohrhochtonschwerhörigkeit aus den letzten Behandlungsjahren filtern konnte. Patienten, die im Klinikum Innenstadt eine Hörgeräteverordnung erhalten hatten, wurden mit dem AT300 untersucht. Die Impedanz wurde mit dem GSI 33 gemessen und die OAES mit dem ILO 88. Für eine BERA mussten die Patienten in das Klinikum Großhadern. Magnetresonanztomografien waren bei dem gewählten Patientengut aus der Innenstadt nicht durchgeführt worden, da sich in der BERA keine Auffälligkeiten zeigten.

Grundsätzlich war in der HNO-Abteilung des Klinikum Großhadern und des Klinikum Innenstadt in gleicher Weise vorgegangen worden, da die audiologischen Untersuchungen bei symmetrischem Hörschaden mit den rechten Ohren und bei unsymmetrischen Hörschaden mit dem subjektiv besserem Ohr gestartet worden waren.

Dokumentiert wurden folgende zusätzliche Daten, die zu den Angaben aus „2.3.1 Allgemeine Vorgehensweise“ weitere Informationen lieferten:

- Bereits Träger eines Hörgerätes (ja/nein)
- Art des Hörverlustes (Hochtonsteilabfall/Hochtonschrägabfall)
- Beginn Hörverlust > 40 dB bei 3 kHz (ja/nein)
- Beginn Hörverlust > 40 dB bei 2 kHz (ja/nein)
- Beginn Hörverlust > 40 dB bei 1 kHz (ja/nein)
- Hörverlust > 40 dB und Beginn Hochtonabfall ab 1, 2 oder 3 kHz (codiert mit 1, 2, 3)
- Wert des Einsilberverstehens bei 65 dB in %
- Wert des Einsilberverstehens bei 65 dB in % (codiert: < 30% = 1; 30-70% = 2; > 70% = 3)
- Korrelation mit der Behauptung, wenn Hörverlust > 40 dB ab 1 kHz, dann Einsilberversprechen bei 65 dB < 30% (ja/nein/Aussage nicht möglich)
- Korrelation mit der Behauptung, wenn Hörverlust > 40 dB ab 2 kHz, dann Einsilberversprechen bei 65 dB zwischen 30-70% (ja/nein/Aussage nicht möglich)
- Korrelation mit der Behauptung, wenn Hörverlust > 40 dB ab 3 kHz, dann Einsilberversprechen bei 65 dB > 70% (ja/nein/Aussage nicht möglich)

### **2.3.4 Methodik der Gutachtenpatienten**

Auf Beantragung der Sozialgerichte wurden alle Gutachten von Frau Prof. Schorn erstellt. Dies geschah in einem Zeitraum von April 2004 bis November 2008. Die hierfür notwendigen audiologischen Untersuchungen wurden fortwährend von derselben Audiometristin mit Hilfe des Audiometers AT900, des Ero-Scan und des Evo-star 2 durchgeführt. Dabei war mit der Erstellung der Ton- und Sprachaudiogramme stets am subjektiv besseren Ohr begonnen worden. Andernfalls war auch zwischen dem Beginn der Prüfungen von Luft- und Knochenleitung gewechselt worden. Nach Beendigung der Untersuchungen wurden die Gutachten in mehrseitiger Schriftform durch Frau Prof. Schorn niedergelegt. Die Kopien der erstellten Gutachten wurden in Ordnern, in alphabetischer Reihenfolge bezüglich des Nachnamens und des Untersuchungsjahres, abgelegt. Jedes Gutachten wies eine gleich strukturierte Gliederung auf, welche sich wie folgt präsentierte:

- Vorgeschichte nach Angaben des Patienten (Familien-, Eigen- und Berufsanamnese sowie jetzige Beschwerde inklusive aller Beschwerden)
- Aktenauszüge der betreffenden Berufsgenossenschaften mit bereits erstellten Arztbriefen, Befunden, Bescheinigungen und Kurzgutachten anderer oder gleicher Fachbereiche
- Allgemeiner HNO-Befund (Ohrmikroskopie, Nase, Nasenrachenraum, Mundhöhle und Kehlkopf)
- Klassischer HNO-Befund
  - Sprachabstandsmessungen (Flüstersprache, Umgangssprache bzgl. Zahlen und Mehrsilber, Binaurales Satzverständnis)
  - Stimmgabelversuche (Rinne, Weber)
- Elektroakustische Hörprüfungen
  - Tonschwellenaudiogramm (Luftleitung, Knochenleitung)
  - SISI-Test
  - Otoakustische Emissionen (DPOAE)
  - Impedanzmessung ( Tympanometrie, Stapediusreflexmessung)
  - Sprachaudiogramm (Zahlen, Einsilber)
  - Freifeldmessung im Störgeräusch
  - Ohrtonbestimmung
  - Ggf. Langenbeck
  - Ggf. Hirnstammaudiometrie

Abschließend beinhalteten die Gutachten eine zusammenfassende Beurteilung der Situation und die Klärung der Fragestellung durch Frau Prof. Schorn.

Aus den Gutachtenschriften ließen sich zusätzlich zu dem im Abschnitt „2.3.1 Allgemeine Vorgehensweise“ bereits erklärten Datengewinns, weitere Informationen filtern und notieren.

Die für die Analyse wichtigen Zusatzdaten waren folgende:

- Beruf
- Lärmarbeit (ja/nein)
- Bereits Träger eines Hörgerätes (ja/nein)
- Art des Hörverlustes (Normalhörigkeit, Innenohrschwerhörigkeit, Innenohrhochtonschwerhörigkeit, kombinierte Innenohrschwerhörigkeit mit Hochtonsteil- oder Hochtonschrägabfall. Möglich waren auch ein pankochleärer oder wannenförmiger Kurvenverlauf)
- Wert des Einsilberverstehens für 60, 80 und 100 dB in %
- Art des Hörschadens (kochleär oder Tests auf kochleären Hörschaden nicht schlüssig)
- Beginn Hochtonabfall ab 1, 2, 3, 4 und 6 kHz in Zusammenhang mit Hörverlusten > 20, > 30, > 40, > 50 und > 60 dB

Die bereits in Punkt „2.1.3 Gutachtenpatienten“ erwähnten Gutachten-Untergruppen sollten weitere Zusatzinformationen im Ergebnisteil liefern. Somit wurden die Patienten zusätzlich in Patienten ohne bzw. mit pankochleärem Hörverlust unterteilt. Außerdem wurden Untergruppen mit Patienten mit sicheren Tests auf kochleären Hörschaden und unsicheren Tests auf kochleären Hörschäden gebildet.

## 2.4 Statistische Analyse

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit Hilfe der Statistiksoftware SPSS für Windows XP oder Windows Vista, Version 16.0 und 17.0 (SPSS-GmbH, München).

Alle untenstehenden Berechnungen, Diagramme und Kontingenztafeln wurden systematisch für das rechte und linke Ohr getrennt vorgenommen, damit eventuell potenzielle Seitenunterschiede nicht vernachlässigt werden konnten.

Sowohl die Mittelwerte als auch der Hörverlust für Zahlen und die daraus zu bildende Differenz wurden auf Normalverteilung in allen drei Gruppen mittels des Kolmogorov-Smirnov-Tests geprüft.

Um mögliche Verletzungen gegen die Normalverteilung bei einzelnen Varianten auszuschließen, wurden generell nichtparametrische Tests eingesetzt.

Die Berechnung des Korrelationskoeffizienten zwischen rechtem und linkem Ohr bei der normalhörigen Gruppe wurde deshalb mittels des Spearman-Rho Koeffizienten durchgeführt. Hierbei wurden die Korrelationen zwischen den Mittelwerten (rechts, links, A, B, C), bei dem Hörverlust (rechts/links) und bei den Differenzen (rechts, links, A, B, C) ermittelt. Der Korrelationskoeffizient konnte zwischen dem Wert -1 (sehr hohe negative Korrelation) und +1 (sehr hohe positive Korrelation) liegen.

Sowohl bei der Testung auf mögliche Unterschiede zwischen dem rechtem und linkem Ohr in denselben Prüfkategorien (A versus A, B versus B, C versus C etc.) als auch bei der Überprüfung der Differenzen aus den einzelnen Frequenzgruppierungen (A versus B, A versus C und B versus C) gegeneinander kam der Wilcoxon-Test zum Einsatz, welcher zwei verbundene Stichproben miteinander vergleicht.

Dabei wurde der p-Wert als signifikant angesehen, wenn  $p \leq 0,05$  war. Als hoch signifikant wurde der p-Wert dann betrachtet, wenn er sich mit  $p \leq 0,01$  zeigte.

Die deskriptive Darstellung der Mittelwerte und der Standardabweichungen diente einer ersten Veranschaulichung der Daten. Zusätzlich wurden Boxplots erstellt, welche die grafische Darbietung lieferten. Mittels der für jede Patientengruppe gewonnene Standardabweichung (s) und dem Mittelwert ( $\bar{x}$ ) konnten Intervalle angezeigt werden, in denen ein gewisser Prozentsatz von Messwerten liegen würde.

Folgende Formel kam zum Einsatz:

$$\bar{x} - 2,58 \times s < \bar{x} < \bar{x} + 2,58 \times s$$

Somit sollten bei Normalverteilung mindestens 99,0% aller Messwerte im Bereich Mittelwert  $\pm 2,58$  mal Standardabweichung (hoch signifikant) liegen. Diese Standardabweichung wurde gewählt, um bei den Normalhörenden und den Schwerhörigen eine Begrenzung zu finden, die möglichst viele bzw. alle Patienten beinhaltet. Dies erfolgte, da bei diesen Patientengruppen davon ausgegangen werden kann, dass diese keinen Nutzen aus den Untersuchungsergebnissen ziehen möchten. Die ermittelten Intervalle wurden in Scatterplots (x-Achse: Patienten-ID; y-Achse: Differenzen zwischen Mittelwert aus den Hörverlusten von Gruppe A, B oder C und Hörverlust für Zahlen) durch beschriftete Begrenzungslinien abgetrennt.

Außerdem wurden die Gutachten-Untergruppen (nicht pankochleär gegen pankochleär; kochleärer gegen Tests auf kochleären Hörschaden unschlüssig) mittels des Mann-Whitney-U-Tests auf signifikante Unterschiede bei zwei unabhängigen Stichproben getestet. Hierbei wurde das Signifikanzniveau  $p \leq 0,05$  gewählt.

Für Substudie 2 wurden ausschließlich die Daten der schwerhörigen Patienten genutzt. Es wurde jeweils eine  $(3 \times 3)$ -Kontingenztafel für das rechte und das linke Ohr gebildet. Die Patienten bzw. das jeweilige rechte und linke Ohr besagter Kontingenztafeln wurden zusätzlich in den Kategorien „Alter < 60 Jahre“ und „Alter  $\geq 60$  Jahre“ mit Hilfe weiterer  $(3 \times 3)$ -Kontingenztafeln dargestellt. Generell wurden neben den absoluten Häufigkeiten auch die Zeilenprozentage angegeben. Um den Grad der Assoziation innerhalb einer Kontingenztafel messen zu können, wurde der Kendall-tau-b ermittelt, welcher für quadratische Mehrfeldertafeln zur Verfügung steht. Dieser Wert konnte zwischen -1 (100% negative Assoziation) und +1 (100% positive Assoziation) liegen.

Der Trend innerhalb einer Kontingenztafel wurde mit Hilfe gestapelter Häufigkeitsdiagramme (stacked bars) visuell verdeutlicht.

Für Substudie 3 wurden zuerst die Hörverluste im Tonaudiogramm bei 1, 2, 3, 4 und 6 kHz betrachtet. Dann wurden Scatterplots erstellt, die verschiedene Startpunkte des Hochtonabfalls  $> 20$ ,  $> 30$ ,  $> 40$ ,  $> 50$  und  $> 60$  dB untersuchten. Dies wurde in Zusammenhang mit dem Einsilberverschöndern bei 60, 80 und 100 dB gestellt. Die Korrelation zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls inklusive der Höhe des Hörverlustes mit dem Einsilberverschöndern, wurde mit dem Spearman'schen Koeffizienten berechnet. Diese Vorüberlegungen zeigten, dass die Beziehungen zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust  $> 30$ ,  $> 40$  und  $> 50$  dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberverschöndern bei 60 und 80 dB zu prüfen waren. Zum Zwecke der Übersicht wurden Scatterplots erstellt, die die Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust  $> 30$ ,  $> 40$  und  $> 50$  dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberverschöndern bei 60 und 80 dB darstellten. Aus diesen wurden empirisch Einteilungsmöglichkeiten des Einsilberverschönderns bei 60 und 80 dB aus dem Sprachaudiogramm in Zusammenhang mit dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust  $> 30$ ,



> 40 und > 50 dB) ab 1, 2 und 3 kHz im Tonaudiogramm durchexerziert. Um den Grad der Assoziation innerhalb einer quadratischen Mehrfeldertafel verdeutlichen zu können, wurde auch hier der Kendall-tau-b verwendet. Dabei konnte sich der Wert zwischen -1 (100% negative Assoziation) und +1 (100% positive Assoziation) befinden.

Zusätzlich wurde die Gesamtprozentzahl in Bezug auf die zu erwartende Besetzung der Diagonalen von links oben nach rechts unten berechnet.

Die Kreuztabellen mit der höchsten Gesamtprozentzahl und bzw. oder dem höchsten Kendall-tau-b wurden mit der absoluten Besetzung der einzelnen Felder (inklusive Zeilen- und Gesamtprozenten) dargestellt.

### 3 ERGEBNISSE

#### 3.1 Substudie 1: Überprüfung der Plausibilitätsprüfung zwischen dem Ton- und Sprachaudiogramm

##### 3.1.1 Deskriptive Statistik aller Patientengruppen

###### 3.1.1.1 Deskriptive Statistik: Normalhörende Patienten

**Tabelle 3: Normalhörende Patienten:** Rechte und linke Ohren: Deskriptive Statistik der Differenzen (in dB) zwischen dem Mittelwert aus den Hörverlusten der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz), der Gruppe B (500 und 1000 Hz) und der Gruppe C (500, 1000 und 2000 Hz) und dem Hörverlust für Zahlen.

		<u>Rechte Ohren:</u> Differenzen zwischen MW aus HV der <b>Gruppe A</b> und HVZ	<u>Linke Ohren:</u> Differenzen zwischen MW aus HV der <b>Gruppe A</b> und HVZ	<u>Rechte Ohren:</u> Differenzen zwischen MW aus HV der <b>Gruppe B</b> und HVZ	<u>Linke Ohren:</u> Differenzen zwischen MW aus HV der <b>Gruppe B</b> und HVZ	<u>Rechte Ohren:</u> Differenzen zwischen MW aus HV der <b>Gruppe C</b> und HVZ	<u>Linke Ohren:</u> Differenzen zwischen MW aus HV der <b>Gruppe C</b> und HVZ
N		80	80	80	80	80	80
Mittelwert		1,65	1,46	1,54	1,37	1,90	1,65
Median		1,85	1,67	1,75	1,50	2,33	1,67
Standardabweichung		2,9	3,1	2,9	3,2	3,0	3,2
Minimum		-4,3	-5,3	-6,0	-4,5	-5,7	-4,3
Maximum		8,7	7,7	9,5	8,5	8,7	9,7
Perzentile	25	-0,33	-0,58	-0,50	-0,88	-0,33	-0,67
	75	3,58	3,25	3,50	3,00	3,67	3,33

Die deskriptive Statistik beinhaltet alle rechten und linken Ohren der 80 normalhörenden Patienten (Tabelle 3).

Die Mittelwerte (in dB) von Gruppe A ( $\bar{x}_{\text{rechts}} = 1,65$ ;  $\bar{x}_{\text{links}} = 1,46$ ), Gruppe B ( $\bar{x}_{\text{rechts}} = 1,54$ ;  $\bar{x}_{\text{links}} = 1,37$ ) und Gruppe C ( $\bar{x}_{\text{rechts}} = 1,90$ ;  $\bar{x}_{\text{links}} = 1,65$ ) präsentierten sich bei den rechten Ohren im Bereich von  $\bar{x}_{\text{rechts}} = 1,54$  (Gruppe B) bis  $\bar{x}_{\text{rechts}} = 1,90$  (Gruppe C) und bei den linken Ohren im Bereich zwischen  $\bar{x}_{\text{links}} = 1,37$  (Gruppe B) und  $\bar{x}_{\text{links}} = 1,65$  (Gruppe C).

Die Standardabweichungen (in dB) von Gruppe A ( $s_{\text{rechts}} = 2,9$ ;  $s_{\text{links}} = 3,1$ ), Gruppe B ( $s_{\text{rechts}} = 2,9$ ;  $s_{\text{links}} = 3,2$ ) und Gruppe C ( $s_{\text{rechts}} = 3,0$ ;  $s_{\text{links}} = 3,2$ ) demonstrierten bei den rechten Ohren eine Spanne von  $s_{\text{rechts}} = 2,9$  (Gruppe A) bis  $s_{\text{rechts}} = 3,0$  (Gruppe C) und bei den linken Ohren eine Spanne von  $s_{\text{rechts}} = 3,1$  (Gruppe A) bis  $s_{\text{rechts}} = 3,2$  (Gruppe C).

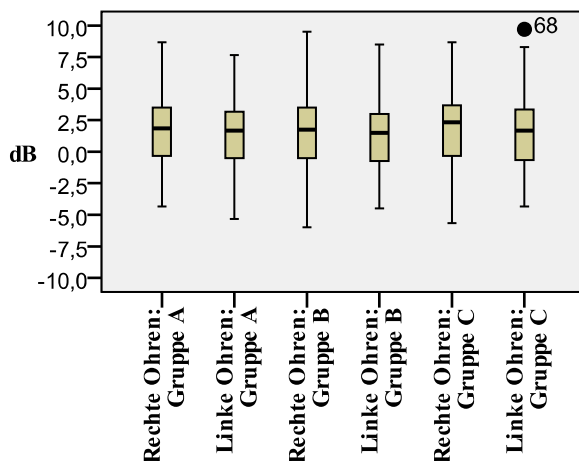
Die Mediane (in dB) von Gruppe A ( $\tilde{x}_{\text{rechts}} = 1,85$ ;  $\tilde{x}_{\text{links}} = 1,67$ ), Gruppe B ( $\tilde{x}_{\text{rechts}} = 1,75$ ;  $\tilde{x}_{\text{links}} = 1,50$ ) und der Gruppe C ( $\tilde{x}_{\text{rechts}} = 2,33$ ;  $\tilde{x}_{\text{links}} = 1,67$ ) wiesen bei den rechten Ohren einen Wertebereich von  $\tilde{x}_{\text{rechts}} = 1,75$  (Gruppe B) bis  $\tilde{x}_{\text{rechts}} = 2,33$  (Gruppe C) und bei den linken Ohren von  $\tilde{x}_{\text{links}} = 1,50$  (Gruppe B) bis  $\tilde{x}_{\text{links}} = 1,67$  (Gruppe C) auf.

Der Bereich der Minima (in dB) reichte bei den rechten Ohren von  $\text{Min.}_{\text{rechts}} = -6,0$  (Gruppe B) bis  $\text{Min.}_{\text{rechts}} = -4,3$  (Gruppe A). Das Minimum von Gruppe C lag bei  $\text{Min.}_{\text{rechts}} = -5,7$ .

Die Minima der linken Ohren zeigten sich von  $\text{Min.}_{\text{links}} = -5,3$  (Gruppe A) bis  $\text{Min.}_{\text{links}} = -4,3$  (Gruppe C). Gruppe B platzierte sich bei einem Minimum von  $\text{Min.}_{\text{links}} = -4,5$ .

Die Maxima (in dB) legten sich bei den rechten Ohren im Bereich von  $\text{Max.}_{\text{rechts}} = 8,7$  (Gruppe A und Gruppe C) bis  $\text{Max.}_{\text{rechts}} = 9,5$  (Gruppe B) fest. Bei den linken Ohren zeigten sich die Maxima im Bereich von  $\text{Max.}_{\text{links}} = 7,7$  (Gruppe A) und  $\text{Max.}_{\text{links}} = 9,7$  (Gruppe C). Das Maximum der Gruppe B befand sich bei  $\text{Max.}_{\text{links}} = 8,5$ .

Die Grafik (Abb. 2) gibt einen visuellen Überblick über die Werteverteilung der Differenzen (in dB) aus dem Mittelwert der Hörverluste der Gruppen A, B und C und dem Hörverlust für Zahlen wieder. Ein Ausreißer ist bei den linken Ohren der Gruppe C mit der Nr. 68 zu sehen.



**Abb. 2: Normalhörende Patienten (n = 80):** Übersicht über die Werteverteilung der Differenzen (in dB) der rechten und linken Ohren zwischen dem Mittelwert aus den Hörverlusten der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz), der Gruppe B (500 und 1000 Hz) und der Gruppe C (500, 1000 und 2000 Hz) und dem Hörverlust für Zahlen.

### 3.1.1.2 Deskriptive Statistik: Schwerhörige Patienten

**Tabelle 4: Schwerhörige Patienten:** Rechte und linke Ohren: Deskriptive Statistik der Differenzen (in dB) zwischen dem Mittelwert aus den Hörverlusten der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz), der Gruppe B (500 und 1000 Hz) und der Gruppe C (500, 1000 und 2000 Hz) und dem Hörverlust für Zahlen.

		<u>Rechte Ohren:</u> Differenzen zwischen MW aus HV der <b>Gruppe A</b> und HVZ	<u>Linke Ohren:</u> Differenzen zwischen MW aus HV der <b>Gruppe A</b> und HVZ	<u>Rechte Ohren:</u> Differenzen zwischen MW aus HV der <b>Gruppe B</b> und HVZ	<u>Linke Ohren:</u> Differenzen zwischen MW aus HV der <b>Gruppe B</b> und HVZ	<u>Rechte Ohren:</u> Differenzen zwischen MW aus HV der <b>Gruppe C</b> und HVZ	<u>Linke Ohren:</u> Differenzen zwischen MW aus HV der <b>Gruppe C</b> und HVZ
N		106	106	106	106	106	106
Mittelwert		0,01	0,04	2,96	2,89	11,36	11,83
Median		-0,67	-0,33	2,50	2,00	11,17	11,68
Standardabweichung		4,2	4,6	5,5	6,1	6,0	7,5
Minimum		-10,3	-10,0	-10,5	-11,5	-2,0	-7,3
Maximum		9,0	12,3	18,0	16,0	27,0	35,7
Perzentile	25	-2,67	-3,08	-0,50	-1,13	6,33	6,58
	75	2,75	3,33	6,50	7,50	15,08	16,42

Alle Daten der rechten und linken Ohren der 106 schwerhörigen Patienten gingen in die deskriptive Statistik mit ein (Tabelle 4).

Die Mittelwerte (in dB) von Gruppe A ( $\bar{x}_{\text{rechts}} = 0,01$ ;  $\bar{x}_{\text{links}} = 0,04$ ), Gruppe B ( $\bar{x}_{\text{rechts}} = 2,96$ ;  $\bar{x}_{\text{links}} = 2,89$ ) und Gruppe C ( $\bar{x}_{\text{rechts}} = 11,36$ ;  $\bar{x}_{\text{links}} = 11,83$ ) stellten sich bei den rechten Ohren von  $\bar{x}_{\text{rechts}} = 0,01$  (Gruppe A) bis  $\bar{x}_{\text{rechts}} = 11,36$  (Gruppe C) und bei den linken Ohren von  $\bar{x}_{\text{links}} = 0,04$  (Gruppe A) bis  $\bar{x}_{\text{links}} = 11,83$  (Gruppe C) dar.

Die Standardabweichungen (in dB) beliefen sich bei Gruppe A auf  $s_{\text{rechts}} = 4,2$  und  $s_{\text{links}} = 4,6$ . Bei Gruppe B zeigten sie sich mit  $s_{\text{rechts}} = 5,5$  und  $s_{\text{links}} = 6,1$  sowie bei Gruppe C mit  $s_{\text{rechts}} = 6,0$  und  $s_{\text{links}} = 7,5$ .

Die Mediane (in dB) bei Gruppe A ( $\tilde{x}_{\text{rechts}} = -0,67$ ;  $\tilde{x}_{\text{links}} = -0,33$ ), bei Gruppe B ( $\tilde{x}_{\text{rechts}} = 2,50$ ;  $\tilde{x}_{\text{links}} = 2,00$ ) und bei Gruppe C ( $\tilde{x}_{\text{rechts}} = 11,17$ ;  $\tilde{x}_{\text{links}} = 11,68$ ) demonstrierten sich bei den rechten Ohren in einem Intervall von  $\tilde{x}_{\text{rechts}} = -0,67$  (Gruppe A) bis  $\tilde{x}_{\text{rechts}} = 11,17$  (Gruppe C) und bei den linken Ohren von  $\tilde{x}_{\text{links}} = -0,33$  (Gruppe A) bis  $\tilde{x}_{\text{links}} = 11,68$  (Gruppe C).

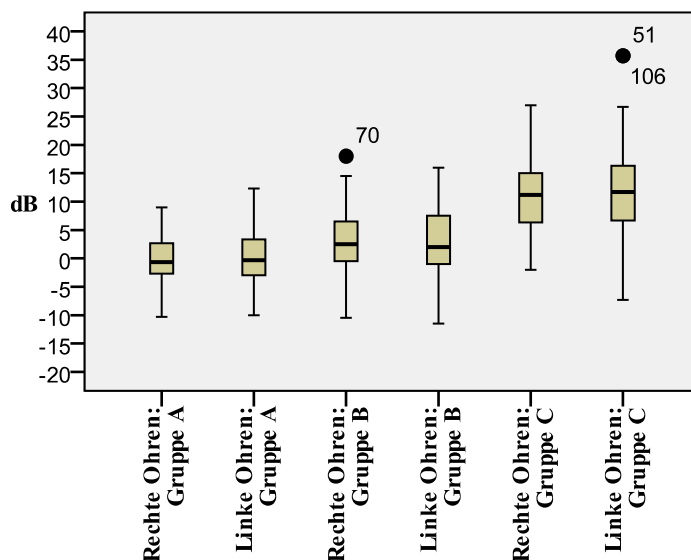
Der Wertebereich der Minima (in dB) der rechten Ohren erstreckte sich von  $\text{Min.}_{\text{rechts}} = -10,5$  (Gruppe B) bis  $\text{Min.}_{\text{rechts}} = -2,0$  (Gruppe C). Dabei zeigte Gruppe A ein Minimum von  $\text{Min.}_{\text{rechts}} = -10,3$ .

Die Minima der linken Ohren stellten sich von  $\text{Min.}_{\text{links}} = -11,5$  (Gruppe B) bis  $\text{Min.}_{\text{links}} = -7,3$  (Gruppe C) dar. Das Minimum von Gruppe A lag bei  $\text{Min.}_{\text{links}} = -10,0$ .

Die Maxima (in dB) der rechten Ohren präsentierten sich von  $\text{Max.}_{\text{rechts}} = 9,0$  (Gruppe A) bis  $\text{Max.}_{\text{rechts}} = 27,0$  (Gruppe C). Das Maximum von Gruppe B zeigte sich mit  $\text{Max.}_{\text{rechts}} = 18,0$ .

Die Wertebereiche der Maxima der linken Ohren gaben sich von  $\text{Max.}_{\text{links}} = 12,3$  (Gruppe A) bis  $\text{Max.}_{\text{links}} = 35,7$  (Gruppe C). Hierbei demonstrierte sich Gruppe B mit einem  $\text{Max.}_{\text{links}} = 16,0$ .

Die Werteverteilung der Differenzen (in dB) aus den mittleren Hörverlusten der Gruppen A, B und C und dem Hörverlust für Zahlen wird durch unten stehende Grafik (Abb. 3) verdeutlicht. Dabei erweist sich das rechte Ohr mit der Nr. 70 bei den Differenzen der Gruppe B als Ausreißer. Außerdem stellen die linken Ohren mit der Nr. 51 und der Nr. 106 bei den Differenzen der Gruppe C besagte Ausreißer dar.



**Abb. 3: Schwerhörige Patienten (n = 106):** Übersicht über die Werteverteilung der Differenzen (in dB) der rechten und linken Ohren zwischen dem Mittelwert aus den Hörverlusten der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz), der Gruppe B (500 und 1000 Hz) und der Gruppe C (500, 1000 und 2000 Hz) und dem Hörverlust für Zahlen.

### 3.1.1.3 Deskriptive Statistik: Gutachtenpatienten

**Tabelle 5: Gutachtenpatienten:** Rechte und linke Ohren: Deskriptive Statistik der Differenzen (in dB) zwischen dem Mittelwert aus den Hörverlusten der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz), der Gruppe B (500 und 1000 Hz) und der Gruppe C (500, 1000 und 2000 Hz) und dem Hörverlust für Zahlen.

		<u>Rechte Ohren:</u> Differenzen zwischen MW aus HV der <b>Gruppe A</b> und HVZ	<u>Linke Ohren:</u> Differenzen zwischen MW aus HV der <b>Gruppe A</b> und HVZ	<u>Rechte Ohren:</u> Differenzen zwischen MW aus HV der <b>Gruppe B</b> und HVZ	<u>Linke Ohren:</u> Differenzen zwischen MW aus HV der <b>Gruppe B</b> und HVZ	<u>Rechte Ohren:</u> Differenzen zwischen MW aus HV der <b>Gruppe C</b> und HVZ	<u>Linke Ohren:</u> Differenzen zwischen MW aus HV der <b>Gruppe C</b> und HVZ
N		135	135	135	135	135	135
Mittelwert		-0,62	-0,02	0,37	1,10	5,16	6,77
Median		-1,00	0,00	0,00	1,00	4,67	5,67
Standardabweichung		5,0	5,4	5,6	6,3	7,2	7,9
Minimum		-13,0	-15,3	-13,5	-15,0	-8,7	-10,0
Maximum		14,7	17,7	23,0	26,5	30,7	30,7
Perzentile	25	-4,33	-3,67	-3,50	-2,50	0,33	2,00
	75	2,33	3,33	3,50	4,50	8,67	11,33

Die deskriptive Statistik schloss alle rechten und linken Ohren der 135 Gutachtenpatienten mit ein (Tabelle 5).

Die Mittelwerte (in dB) von Gruppe A ( $\bar{x}_{\text{rechts}} = -0,62$ ;  $\bar{x}_{\text{links}} = -0,02$ ), der Gruppe B ( $\bar{x}_{\text{rechts}} = 0,37$ ;  $\bar{x}_{\text{links}} = 1,10$ ) und der Gruppe C ( $\bar{x}_{\text{rechts}} = 5,16$ ;  $\bar{x}_{\text{links}} = 6,77$ ) zeigten sich bei den rechten Ohren in dem Wertebereich von  $\bar{x}_{\text{rechts}} = -0,62$  (Gruppe A) bis  $\bar{x}_{\text{rechts}} = 5,16$  (Gruppe C) und bei den linken Ohren von  $\bar{x}_{\text{links}} = -0,02$  (Gruppe A) bis  $\bar{x}_{\text{links}} = 6,77$  (Gruppe C).

Die Standardabweichungen (in dB) beliefen sich bei Gruppe A auf  $s_{\text{rechts}} = 5,0$  und  $s_{\text{links}} = 5,4$ . Bei Gruppe B zeigten sie sich mit  $s_{\text{rechts}} = 5,6$  und  $s_{\text{links}} = 6,3$  sowie bei Gruppe C mit  $s_{\text{rechts}} = 7,2$  und  $s_{\text{links}} = 7,9$ .

Die Mediane (in dB) der Gruppe A ( $\tilde{x}_{\text{rechts}} = -1,00$ ;  $\tilde{x}_{\text{links}} = 0,00$ ), Gruppe B ( $\tilde{x}_{\text{rechts}} = 0,00$ ;  $\tilde{x}_{\text{links}} = 1,00$ ) und Gruppe C ( $\tilde{x}_{\text{rechts}} = 4,67$ ;  $\tilde{x}_{\text{links}} = 5,67$ ) demonstrierten bei den rechten Ohren ein Wertefeld von  $\tilde{x}_{\text{rechts}} = -1,00$  (Gruppe A) bis  $\tilde{x}_{\text{rechts}} = 4,67$  (Gruppe C) und bei den linken Ohren von  $\tilde{x}_{\text{links}} = 0,00$  (Gruppe A) bis  $\tilde{x}_{\text{links}} = 5,67$  (Gruppe C).

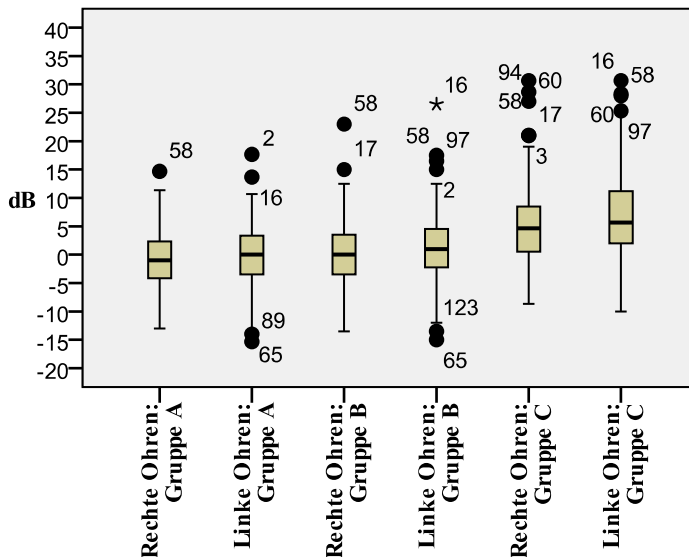
Der Wertebereich der Minima (in dB) der rechten Ohren erstreckte sich von  $\text{Min.}_{\text{rechts}} = -13,5$  (Gruppe B) bis  $\text{Min.}_{\text{rechts}} = -8,7$  (Gruppe C). Dabei stellte sich Gruppe A mit  $\text{Min.}_{\text{rechts}} = -13,0$  dar.

Die Minima der linken Ohren wiesen ein Minimum von  $\text{Min.}_{\text{links}} = -15,3$  (Gruppe A) bis  $\text{Min.}_{\text{links}} = -10,0$  (Gruppe C) auf. Das Minimum von Gruppe B lag bei  $\text{Min.}_{\text{links}} = -15,0$ .

Die Werte der Maxima (in dB) der rechten Ohren zeigten sich von  $\text{Max.}_{\text{rechts}} = 14,7$  (Gruppe A) bis  $\text{Max.}_{\text{rechts}} = 30,7$  (Gruppe C). Das Maximum von Gruppe B platzierte sich bei  $\text{Max.}_{\text{rechts}} = 23,0$ .

Die Maxima der linken Ohren erwiesen sich von  $\text{Max.}_{\text{links}} = 17,7$  (Gruppe A) bis  $\text{Max.}_{\text{links}} = 30,7$  (Gruppe C). Hierbei lag das Maximum der Gruppe B bei  $\text{Max.}_{\text{links}} = 26,5$ .

Bei der Werteverteilung (Abb. 4) zeigt sich, dass alle Differenzen (in dB) aus den mittleren Hörverlusten der Frequenzen der Gruppen A, B und C und dem Hörverlust für Zahlen einen oder mehrere Ausreißer sowohl bei den rechten als auch bei den linken Ohren beinhalten. Zusätzlich weist der Boxplot der Differenzen der Gruppe B der linken Ohren einen Extremwert des Ohres mit der Nr. 16 auf.



**Abb. 4: Gutachtenpatienten (n = 135):** Übersicht über die Werteverteilung der Differenzen (in dB) der rechten und linken Ohren zwischen dem Mittelwert aus den Hörverlusten der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz), der Gruppe B (500 und 1000 Hz) und der Gruppe C (500, 1000 und 2000 Hz) und dem Hörverlust für Zahlen.

### 3.1.1.3.1 Gutachtenpatienten ohne pankochleären Hörverlust

**Tabelle 6: Gutachtenpatienten ohne pankochleären Hörverlust:** Rechte und linke Ohren: Deskriptive Statistik der Differenzen (in dB) zwischen dem Mittelwert aus den Hörverlusten der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz), der Gruppe B (500 und 1000 Hz) und der Gruppe C (500, 1000 und 2000 Hz) und dem Hörverlust für Zahlen.

		<u>Rechte Ohren:</u>	<u>Linke Ohren:</u>	<u>Rechte Ohren:</u>	<u>Linke Ohren:</u>	<u>Rechte Ohren:</u>	<u>Linke Ohren:</u>
		Differenzen	Differenzen	Differenzen	Differenzen	Differenzen	Differenzen
		zwischen MW	zwischen MW	zwischen MW	zwischen MW	zwischen MW	zwischen MW
		aus HV der	aus HV der	aus HV der	aus HV der	aus HV der	aus HV der
		Gruppe A und	Gruppe A und	Gruppe B und	Gruppe B und	Gruppe C und	Gruppe C und
		HVZ	HVZ	HVZ	HVZ	HVZ	HVZ
N		114	115	114	115	114	115
Mittelwert		-0,46	0,16	0,38	1,07	5,29	7,03
Median		-1,00	0,33	0,00	0,50	4,50	5,67
Standardabweichung		5,0	5,2	5,8	6,2	7,5	7,8
Minimum		-13,0	-15,3	-13,5	-15,0	-8,7	-8,3
Maximum		14,7	17,7	23,0	26,5	30,7	30,7
Perzentile	25	-4,08	-3,33	-3,50	-2,00	0,33	2,00
	75	3,33	3,33	4,00	4,50	9,67	11,00

Die Tabelle 6 zeigte, dass 114 rechte Ohren und 115 linke Ohren nicht an einem pankochleärem Hörverlust erkrankt waren.

Die Mittelwerte (in dB) der Gruppe A ( $\bar{x}_{\text{rechts}} = -0,46$ ;  $\bar{x}_{\text{links}} = 0,16$ ), der Gruppe B ( $\bar{x}_{\text{rechts}} = 0,38$ ;  $\bar{x}_{\text{links}} = 1,07$ ) und der Gruppe C ( $\bar{x}_{\text{rechts}} = 5,29$ ;  $\bar{x}_{\text{links}} = 7,03$ ) stellten sich bei den rechten Ohren in einer Spanne von  $\bar{x}_{\text{rechts}} = -0,46$  (Gruppe A) bis  $\bar{x}_{\text{rechts}} = 5,29$  (Gruppe C) und bei den linken Ohren von  $\bar{x}_{\text{links}} = 0,16$  (Gruppe A) bis  $\bar{x}_{\text{links}} = 7,03$  (Gruppe C) dar.

Die Standardabweichungen (in dB) beliefen sich bei Gruppe A auf  $s_{\text{rechts}} = 5,0$  und  $s_{\text{links}} = 5,2$ . Bei Gruppe B zeigten sie sich mit  $s_{\text{rechts}} = 5,8$  und  $s_{\text{links}} = 6,2$  sowie bei Gruppe C mit  $s_{\text{rechts}} = 7,5$  und  $s_{\text{links}} = 7,8$ .

Die Mediane (in dB) der Gruppe A ( $\tilde{x}_{\text{rechts}} = -1,00$ ;  $\tilde{x}_{\text{links}} = 0,33$ ), der Gruppe B ( $\tilde{x}_{\text{rechts}} = 0,00$ ;  $\tilde{x}_{\text{links}} = 0,50$ ) und der Gruppe C ( $\tilde{x}_{\text{rechts}} = 4,50$ ;  $\tilde{x}_{\text{links}} = 5,67$ ) demonstrierten bei den rechten Ohren einen Bereich von  $\tilde{x}_{\text{rechts}} = -1,00$  (Gruppe A) bis  $\tilde{x}_{\text{rechts}} = 4,50$  (Gruppe C) und bei den linken Ohren von  $\tilde{x}_{\text{links}} = 0,33$  (Gruppe A) bis  $\tilde{x}_{\text{links}} = 5,67$  (Gruppe C).

Die Minima (in dB) der rechten Ohren zeigten sich von  $\text{Min.}_{\text{rechts}} = -13,5$  (Gruppe B) bis  $\text{Min.}_{\text{rechts}} = -8,7$  (Gruppe C). Das Minimum von Gruppe A beschrieb sich mit  $\text{Min.}_{\text{rechts}} = -13,0$ .

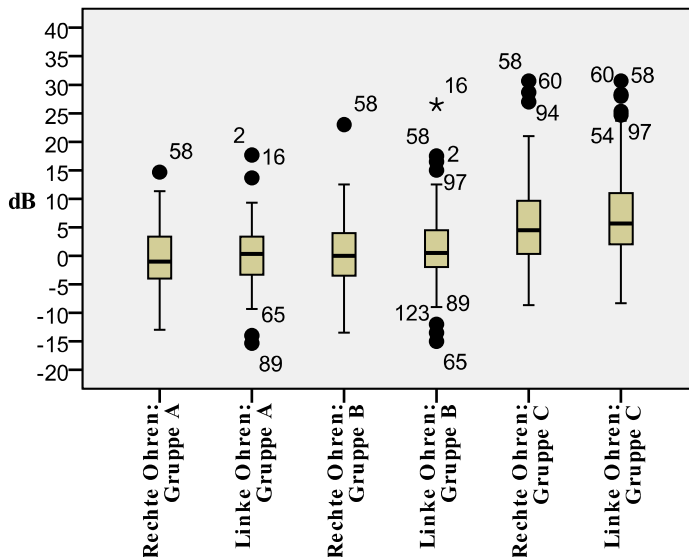


Bei den linken Ohren zeigten die Minima einen Bereich von  $\text{Min.}_{\text{links}} = -15,3$  (Gruppe A) bis  $\text{Min.}_{\text{links}} = -8,3$  (Gruppe C) auf. Das Minimum von Gruppe B lag bei  $\text{Min.}_{\text{links}} = -15,0$ .

Die Maxima (in dB) der rechten Ohren legten einen Bereich von  $\text{Max.}_{\text{rechts}} = 14,7$  (Gruppe A) bis  $\text{Max.}_{\text{rechts}} = 30,7$  (Gruppe C) vor. Dabei lieferte Gruppe B ein Maximum von  $\text{Max.}_{\text{rechts}} = 23,0$ .

Die Maxima der linken Ohren erwiesen sich von  $\text{Max.}_{\text{links}} = 17,7$  (Gruppe A) bis  $\text{Max.}_{\text{links}} = 30,7$  (Gruppe C). Das Maximum von Gruppe B ergab  $\text{Max.}_{\text{links}} = 26,5$ .

Die nachstehende Werteverteilung (Abb. 5) verdeutlicht, dass alle Differenzen (in dB) aus den mittleren Hörverlusten der Frequenzen der Gruppen A, B und C und dem Hörverlust für Zahlen einen oder mehrere Ausreißer sowohl für die rechten als auch für die linken Ohren vorweisen. Dabei zeigt der Boxplot der Differenzen der Gruppe B bei den linken Ohren einen Extremwert mit der Nr. 16.



**Abb. 5: Gutachtenpatienten ohne pankochleären Hörverlust:** Rechte Ohren ( $n = 114$ ) und linke Ohren ( $n = 115$ ): Übersicht über die Werteverteilung der Differenzen (in dB) der rechten und linken Ohren zwischen dem Mittelwert aus den Hörverlusten der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz), der Gruppe B (500 und 1000 Hz) und der Gruppe C (500, 1000 und 2000 Hz) und dem Hörverlust für Zahlen.

### 3.1.1.3.2 Gutachtenpatienten mit pankochleärem Hörverlust

**Tabelle 7: Gutachtenpatienten mit pankochleärem Hörverlust:** Rechte und linke Ohren: Deskriptive Statistik der Differenzen (in dB) zwischen dem Mittelwert aus den Hörverlusten der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz), der Gruppe B (500 und 1000 Hz) und der Gruppe C (500, 1000 und 2000 Hz) und dem Hörverlust für Zahlen.

		<u>Rechte Ohren:</u>	<u>Linke Ohren:</u>	<u>Rechte Ohren:</u>	<u>Linke Ohren:</u>	<u>Rechte Ohren:</u>	<u>Linke Ohren:</u>
		Differenzen zwischen MW aus HV der <b>Gruppe A</b> und HVZ	Differenzen zwischen MW aus HV der <b>Gruppe A</b> und HVZ	Differenzen zwischen MW aus HV der <b>Gruppe B</b> und HVZ	Differenzen zwischen MW aus HV der <b>Gruppe B</b> und HVZ	Differenzen zwischen MW aus HV der <b>Gruppe C</b> und HVZ	Differenzen zwischen MW aus HV der <b>Gruppe C</b> und HVZ
N		21	20	21	20	21	20
Mittelwert		-1,49	-1,02	0,36	1,28	4,49	5,25
Median		-0,67	-1,67	0,50	1,25	4,67	6,17
Standardabweichung		4,8	6,5	5,1	6,7	5,4	8,1
Minimum		-12,7	-13,7	-11,0	-9,5	-7,7	-10,0
Maximum		8,0	10,7	15,0	11,5	21,0	18,0
Perzentile	25	-5,33	-3,92	-2,25	-4,00	1,83	-1,25
	75	1,17	3,67	2,75	7,50	6,33	12,50

Insgesamt litten 21 rechte Ohren und 20 linke Ohren an einem pankochleärem Hörverlust (Tabelle 7).

Die Mittelwerte (in dB) der Gruppe A ( $\bar{x}_{\text{rechts}} = -1,49$ ;  $\bar{x}_{\text{links}} = -1,02$ ), der Gruppe B ( $\bar{x}_{\text{rechts}} = 0,36$ ;  $\bar{x}_{\text{links}} = 1,28$ ) und der Gruppe C ( $\bar{x}_{\text{rechts}} = 4,49$ ;  $\bar{x}_{\text{links}} = 5,25$ ) legten sich bei den rechten Ohren in dem Wertebereich von  $\bar{x}_{\text{rechts}} = -1,49$  (Gruppe A) bis  $\bar{x}_{\text{rechts}} = 4,49$  (Gruppe C) und bei den linken Ohren von  $\bar{x}_{\text{links}} = -1,02$  (Gruppe A) bis  $\bar{x}_{\text{links}} = 5,25$  (Gruppe C) fest.

Die Standardabweichungen (in dB) zeigten bei Gruppe A Werte mit  $s_{\text{rechts}} = 4,8$  und  $s_{\text{links}} = 6,5$ ; bei Gruppe B mit  $s_{\text{rechts}} = 5,1$  und  $s_{\text{links}} = 6,7$  sowie bei Gruppe C mit  $s_{\text{rechts}} = 5,4$  und  $s_{\text{links}} = 8,1$ .

Die Mediane (in dB) der Gruppe A ( $\tilde{x}_{\text{rechts}} = -0,67$ ;  $\tilde{x}_{\text{links}} = -1,67$ ), der Gruppe B ( $\tilde{x}_{\text{rechts}} = 0,50$ ;  $\tilde{x}_{\text{links}} = 1,25$ ) und der Gruppe C ( $\tilde{x}_{\text{rechts}} = 4,67$ ;  $\tilde{x}_{\text{links}} = 6,17$ ) stellten bei den rechten Ohren einen Wertebereich von  $\tilde{x}_{\text{rechts}} = -0,67$  (Gruppe A) bis  $\tilde{x}_{\text{rechts}} = 4,67$  (Gruppe C) und bei den linken Ohren von  $\tilde{x}_{\text{links}} = -1,67$  (Gruppe A) bis  $\tilde{x}_{\text{links}} = 6,17$  (Gruppe C) dar.

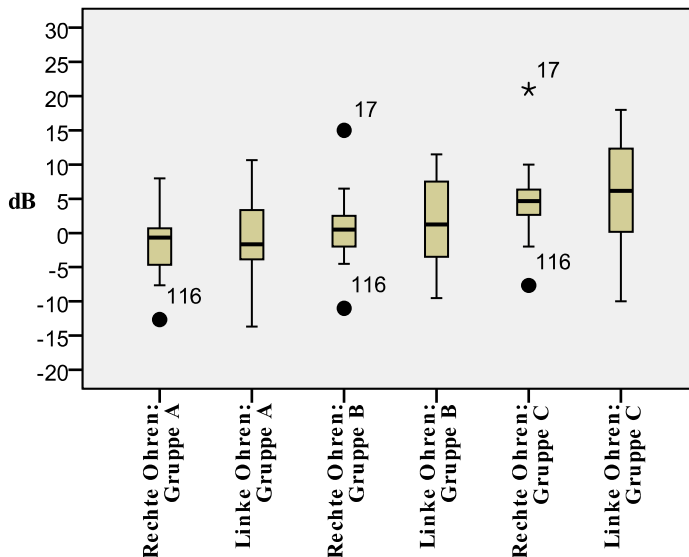
Das Wertefeld der Minima (in dB) der rechten Ohren erwies sich von  $\text{Min.}_{\text{rechts}} = -12,7$  (Gruppe A) bis  $\text{Min.}_{\text{rechts}} = -7,7$  (Gruppe C). Das Minimum von Gruppe B lag bei  $\text{Min.}_{\text{rechts}} = -11,0$ .

Die Minima der linken Ohren begaben sich von  $\text{Min.}_{\text{links}} = -13,7$  (Gruppe A) bis  $\text{Min.}_{\text{links}} = -9,5$  (Gruppe B). Das Minimum von Gruppe C lag bei  $\text{Min.}_{\text{links}} = -10,0$ .

Die Maxima (in dB) der rechten Ohren beliefen sich von  $\text{Max.}_{\text{rechts}} = 8,0$  (Gruppe A) bis  $\text{Max.}_{\text{rechts}} = 21,0$  (Gruppe C). Dabei zeigte Gruppe B ein Maximum von  $\text{Max.}_{\text{rechts}} = 15,0$ .

Die Maxima der linken Ohren wiesen einen Wert von  $\text{Max.}_{\text{links}} = 10,7$  (Gruppe A) bis  $\text{Max.}_{\text{links}} = 18,0$  (Gruppe C) auf. Das Maximum von Gruppe B lag bei  $\text{Max.}_{\text{links}} = 11,5$ .

Die Werteverteilung der Differenzen (in dB) aus den mittleren Hörverlusten der Gruppen A, B und C und dem Hörverlust für Zahlen wird durch die folgende Grafik (Abb. 6) demonstriert. Daraus lässt sich erkennen, dass das rechte Ohr mit der Nr. 116 in allen drei Gruppen (A, B und C) einen Ausreißer darbietet. Zusätzlich präsentiert sich das rechte Ohr mit der Nr. 17 bei den Differenzen der Gruppe B als Ausreißer und bei den Differenzen der Gruppe C als Extremwert.



**Abb. 6: Gutachtenpatienten mit pankochleärem Hörverlust:** Rechte Ohren ( $n = 21$ ) und linke Ohren ( $n = 20$ ): Übersicht über die Werteverteilung der Differenzen (in dB) der rechten und linken Ohren zwischen dem Mittelwert aus den Hörverlusten der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz), der Gruppe B (500 und 1000 Hz) und der Gruppe C (500, 1000 und 2000 Hz) und dem Hörverlust für Zahlen.

### 3.1.1.3.3 Gutachtenpatienten mit kochleärem Hörschaden

**Tabelle 8: Gutachtenpatienten mit schlüssigen Tests auf kochleären Hörschaden:** Rechte und linke Ohren: Deskriptive Statistik der Differenzen (in dB) zwischen dem Mittelwert aus den Hörverlusten der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz), der Gruppe B (500 und 1000 Hz) und der Gruppe C (500, 1000 und 2000 Hz) und dem Hörverlust für Zahlen.

	<u>Rechte Ohren:</u> Differenzen zwischen MW aus HV der <b>Gruppe A</b> und HVZ	<u>Linke Ohren:</u> Differenzen zwischen MW aus HV der <b>Gruppe A</b> und HVZ	<u>Rechte Ohren:</u> Differenzen zwischen MW aus HV der <b>Gruppe B</b> und HVZ	<u>Linke Ohren:</u> Differenzen zwischen MW aus HV der <b>Gruppe B</b> und HVZ	<u>Rechte Ohren:</u> Differenzen zwischen MW aus HV der <b>Gruppe C</b> und HVZ	<u>Linke Ohren:</u> Differenzen zwischen MW aus HV der <b>Gruppe C</b> und HVZ
N	107	108	107	108	107	108
Mittelwert	-0,54	0,08	0,56	1,33	5,44	6,91
Median	-0,67	0,17	0,50	1,50	4,67	5,67
Standardabweichung	5,1	5,5	5,9	6,5	7,5	8,2
Minimum	-13,0	-15,3	-13,5	-15,0	-8,7	-10,0
Maximum	14,7	17,7	23,0	26,5	30,7	30,7
Perzentile						
25	-4,67	-3,67	-3,50	-2,38	0,67	2,00
75	3,33	3,58	4,00	4,50	9,00	11,92

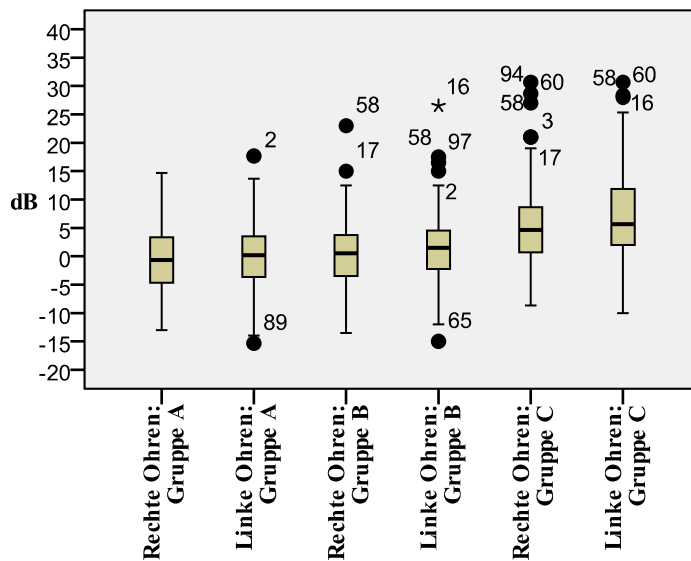
Im Ganzen konnte bei 107 rechten Ohren und bei 108 linken Ohren ein eindeutiger kochleärer Hörschaden anhand schlüssiger Tests nachgewiesen werden (Tabelle 8).

Hierbei zeigten die Mittelwerte (in dB) der Gruppe A ( $\bar{x}_{\text{rechts}} = -0,54$ ;  $\bar{x}_{\text{links}} = 0,08$ ), der Gruppe B ( $\bar{x}_{\text{rechts}} = 0,56$ ;  $\bar{x}_{\text{links}} = 1,33$ ) und der Gruppe C ( $\bar{x}_{\text{rechts}} = 5,44$ ;  $\bar{x}_{\text{links}} = 6,91$ ) einen Wertebereich der rechten Ohren von  $\bar{x}_{\text{rechts}} = -0,54$  (Gruppe A) bis  $\bar{x}_{\text{rechts}} = 5,44$  (Gruppe C) und den der linken Ohren von  $\bar{x}_{\text{links}} = 0,08$  (Gruppe A) bis  $\bar{x}_{\text{links}} = 6,91$  (Gruppe C).

Die Standardabweichungen (in dB) beliefen sich bei Gruppe A auf  $s_{\text{rechts}} = 5,1$  und  $s_{\text{links}} = 5,5$ . Bei Gruppe B zeigten sie sich mit  $s_{\text{rechts}} = 5,9$  und  $s_{\text{links}} = 6,5$  sowie bei Gruppe C mit  $s_{\text{rechts}} = 7,5$  und  $s_{\text{links}} = 8,2$ .

Die Mediane (in dB) der Gruppe A ( $\tilde{x}_{\text{rechts}} = -0,67$ ;  $\tilde{x}_{\text{links}} = 0,17$ ), der Gruppe B ( $\tilde{x}_{\text{rechts}} = 0,50$ ;  $\tilde{x}_{\text{links}} = 1,50$ ) und der Gruppe C ( $\tilde{x}_{\text{rechts}} = 4,67$ ;  $\tilde{x}_{\text{links}} = 5,67$ ) präsentierten sich bei den rechten Ohren von  $\tilde{x}_{\text{rechts}} = -0,67$  (Gruppe A) bis  $\tilde{x}_{\text{rechts}} = 4,67$  (Gruppe C) und bei den linken Ohren von  $\tilde{x}_{\text{links}} = 0,17$  (Gruppe A) bis  $\tilde{x}_{\text{links}} = 5,67$  (Gruppe C).

Der Wertebereich der Minima (in dB) der rechten Ohren erstreckte sich von  $\text{Min.}_{\text{rechts}} = -13,5$  (Gruppe B) bis  $\text{Min.}_{\text{rechts}} = -8,7$  (Gruppe C). Das Minimum der Gruppe A lag bei  $\text{Min.}_{\text{rechts}} = -13,0$ . Die Spanne der Minima der linken Ohren stellte sich von  $\text{Min.}_{\text{links}} = -15,3$  (Gruppe A) bis  $\text{Min.}_{\text{links}} = -10,0$  (Gruppe C) dar. Das Minimum der Gruppe B zeigte sich bei  $\text{Min.}_{\text{links}} = -15,0$ . Die Maxima (in dB) der rechten Ohren ergaben die Werte von  $\text{Max.}_{\text{rechts}} = 14,7$  (Gruppe A) bis  $\text{Max.}_{\text{rechts}} = 30,7$  (Gruppe C). Das Maximum von Gruppe B lag bei  $\text{Max.}_{\text{rechts}} = 23,0$ . Die Maxima der linken Ohren erwiesen sich von  $\text{Max.}_{\text{links}} = 17,7$  (Gruppe A) bis  $\text{Max.}_{\text{links}} = 30,7$  (Gruppe C). Dabei belief sich das Maximum von Gruppe B auf  $\text{Max.}_{\text{links}} = 26,5$ . Die Werteverteilung der Differenzen (in dB) aus den mittleren Hörverlusten der Frequenzen der Gruppen A, B und C und dem Hörverlust für Zahlen wird durch die unten stehende Grafik (Abb. 7) demonstriert. Darin zeigt sich, dass die Differenzen der Gruppe A der rechten Ohren keine Ausreißer oder Extremwerte aufweisen. Demgegenüber legen die Differenzen der Gruppe A der linken Ohren sowie die Differenzen der Gruppen B und C der linken und rechten Ohren einen oder mehrere Ausreißer dar. Außerdem präsentiert der Boxplot der Differenzen der Gruppe B der linken Ohren einen Extremwert des Ohres mit der Nr. 16.



**Abb. 7: Gutachtenpatienten mit schlüssigen Tests auf kochleären Hörschaden:** Rechte Ohren ( $n = 107$ ) und linke Ohren ( $n = 108$ ): Übersicht über die Werteverteilung der Differenzen (in dB) der rechten und linken Ohren zwischen dem Mittelwert aus den Hörverlusten der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz), der Gruppe B (500 und 1000 Hz) und der Gruppe C (500, 1000 und 2000 Hz) und dem Hörverlust für Zahlen.

### 3.1.1.3.4 Gutachtenpatienten: Tests auf kochleären Hörschaden unschlüssig

**Tabelle 9: Gutachtenpatienten mit unschlüssigen Tests auf kochleären Hörschaden:** Rechte und linke Ohren: Deskriptive Statistik der Differenzen (in dB) zwischen dem Mittelwert aus den Hörverlusten der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz), der Gruppe B (500 und 1000 Hz) und der Gruppe C (500, 1000 und 2000 Hz) und dem Hörverlust für Zahlen.

		<u>Rechte Ohren:</u>	<u>Linke Ohren:</u>	<u>Rechte Ohren:</u>	<u>Linke Ohren:</u>	<u>Rechte Ohren:</u>	<u>Linke Ohren:</u>
		Differenzen zwischen MW aus HV der <b>Gruppe A</b> und HVZ	Differenzen zwischen MW aus HV der <b>Gruppe A</b> und HVZ	Differenzen zwischen MW aus HV der <b>Gruppe B</b> und HVZ	Differenzen zwischen MW aus HV der <b>Gruppe B</b> und HVZ	Differenzen zwischen MW aus HV der <b>Gruppe C</b> und HVZ	Differenzen zwischen MW aus HV der <b>Gruppe C</b> und HVZ
N		24	24	24	24	24	24
Mittelwert		-1,21	-0,65	-0,48	0,04	4,74	6,79
Median		-1,83	-1,17	-1,25	0,00	4,83	5,33
Standardabweichung		4,8	4,9	5,0	5,6	6,4	6,8
Minimum		-12,7	-9,0	-11,0	-13,5	-7,7	-5,0
Maximum		9,0	10,7	10,0	10,5	18,0	21,3
Perzentile	25	-3,42	-3,83	-4,25	-3,88	-0,50	2,08
	75	2,25	2,67	4,13	4,63	9,42	11,17

In toto zeigten sich 24 Patienten, deren rechte und linke Ohren unschlüssige Tests auf kochleären Hörschaden lieferten (Tabelle 9).

Die Mittelwerte (in dB) der Gruppe A ( $\bar{x}_{\text{rechts}} = -1,21$ ;  $\bar{x}_{\text{links}} = -0,65$ ), der Gruppe B ( $\bar{x}_{\text{rechts}} = -0,48$ ;  $\bar{x}_{\text{links}} = 0,04$ ) und der Gruppe C ( $\bar{x}_{\text{rechts}} = 4,74$ ;  $\bar{x}_{\text{links}} = 6,79$ ) erstreckten sich bei den rechten Ohren von  $\bar{x}_{\text{rechts}} = -1,21$  (Gruppe A) bis  $\bar{x}_{\text{rechts}} = 4,74$  (Gruppe C) und bei den linken Ohren von  $\bar{x}_{\text{links}} = -0,65$  (Gruppe A) bis  $\bar{x}_{\text{links}} = 6,79$  (Gruppe C).

Die Standardabweichungen (in dB) beliefen sich bei Gruppe A auf  $s_{\text{rechts}} = 4,8$  und  $s_{\text{links}} = 4,9$ . Bei Gruppe B zeigten sie sich mit  $s_{\text{rechts}} = 5,0$  und  $s_{\text{links}} = 5,6$  sowie bei Gruppe C mit  $s_{\text{rechts}} = 6,4$  und  $s_{\text{links}} = 6,8$ .

Die Mediane (in dB) der Gruppe A ( $\tilde{x}_{\text{rechts}} = -1,83$ ;  $\tilde{x}_{\text{links}} = -1,17$ ), der Gruppe B ( $\tilde{x}_{\text{rechts}} = -1,25$ ;  $\tilde{x}_{\text{links}} = 0,00$ ) und der Gruppe C ( $\tilde{x}_{\text{rechts}} = 4,83$ ;  $\tilde{x}_{\text{links}} = 5,33$ ) stellten einen Wertebereich bei den rechten Ohren von  $\tilde{x}_{\text{rechts}} = -1,83$  (Gruppe A) bis  $\tilde{x}_{\text{rechts}} = 4,83$  (Gruppe C) und bei den linken Ohren von  $\tilde{x}_{\text{links}} = -1,17$  (Gruppe A) bis  $\tilde{x}_{\text{links}} = 5,33$  (Gruppe C) dar.

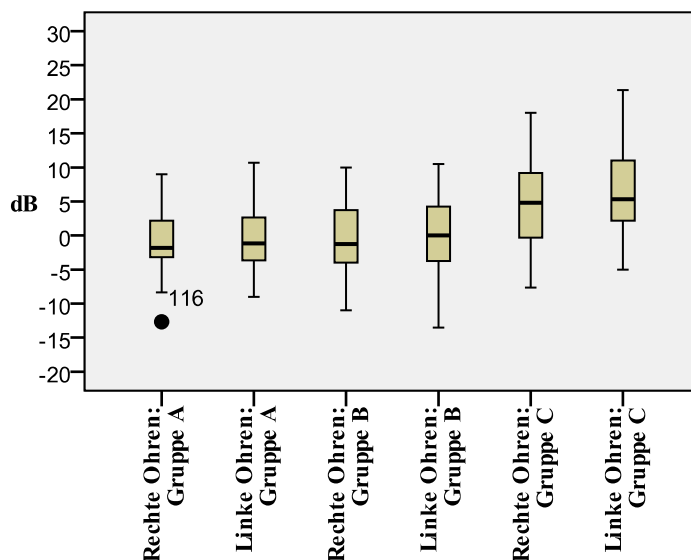
Die Minima (in dB) der rechten Ohren präsentierten sich von  $\text{Min.}_{\text{rechts}} = -12,7$  (Gruppe A) bis  $\text{Min.}_{\text{rechts}} = -7,7$  (Gruppe C). Hierbei beschrieb Gruppe B ein Minimum von  $\text{Min.}_{\text{rechts}} = -11,0$ .

Bei den linken Ohren lagen die Minima von  $\text{Min.}_{\text{links}} = -13,5$  (Gruppe B) bis  $\text{Min.}_{\text{links}} = -5,0$  (Gruppe C) vor. Das Minimum von Gruppe A lag bei  $\text{Min.}_{\text{links}} = -9,0$ .

Die Maxima (in dB) der rechten Ohren erwiesen sich von  $\text{Max.}_{\text{rechts}} = 9,0$  (Gruppe A) bis  $\text{Max.}_{\text{rechts}} = 18,0$  (Gruppe C). Das Maximum der Gruppe B erschien bei dem Wert  $\text{Max.}_{\text{rechts}} = 10,0$ .

Die Maxima der linken Ohren demonstrierten sich von  $\text{Max.}_{\text{links}} = 10,5$  (Gruppe B) bis  $\text{Max.}_{\text{links}} = 21,3$  (Gruppe C). Hierzu lieferte Gruppe A ein Maximum von  $\text{Max.}_{\text{links}} = 10,7$ .

Die Werteverteilung der Differenzen (in dB) aus den mittleren Hörverlusten der Frequenzen der Gruppen A, B und C und dem Hörverlust für Zahlen wird durch nachfolgende Grafik (Abb. 8) verdeutlicht. Darin zeigt sich ein Ausreißer bei den rechten Ohren der Gruppe A mit der Nr. 116.



**Abb. 8: Gutachtenpatienten mit unschlüssigen Tests auf kochleären Hörschaden (n = 24):** Übersicht über die Werteverteilung der Differenzen (in dB) der rechten und linken Ohren zwischen dem Mittelwert aus den Hörverlusten der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz), der Gruppe B (500 und 1000 Hz) und der Gruppe C (500, 1000 und 2000 Hz) und dem Hörverlust für Zahlen.

### 3.1.2 Unterschiede der Differenzen der Gruppen A, B und C

**Tabelle 10:** Test auf signifikante Unterschiede zwischen den Differenzen aus den mittleren Hörverlusten der einzelnen Frequenzgruppen A (250, 500 und 1000 Hz), B (500 und 1000 Hz) und C (500, 1000 und 2000 Hz) und dem Hörverlust für Zahlen jeweils bezüglich einer Seite des Ohres (rechts oder links) in allen drei Patientengruppen.

		p-Wert (nach <b>Wilcoxon-Test</b> )
<b>Normalhörende</b> (n = 80)	Rechte Ohren <b>A</b> vs. rechte Ohren <b>B</b>	p = 0,530
	Rechte Ohren <b>A</b> vs. rechte Ohren <b>C</b>	p = 0,049
	Rechte Ohren <b>B</b> vs. rechte Ohren <b>C</b>	p = 0,008
	Linke Ohren <b>A</b> vs. linke Ohren <b>B</b>	p = 0,265
	Linke Ohren <b>A</b> vs. linke Ohren <b>C</b>	p = 0,558
	Linke Ohren <b>B</b> vs. linke Ohren <b>C</b>	p = 0,124
<b>Schwerhörige</b> (n = 106)	Rechte Ohren <b>A</b> vs. rechte Ohren <b>B</b>	p ≤ 0,05
	Rechte Ohren <b>A</b> vs. rechte Ohren <b>C</b>	p ≤ 0,05
	Rechte Ohren <b>B</b> vs. rechte Ohren <b>C</b>	p ≤ 0,05
	Linke Ohren <b>A</b> vs. linke Ohren <b>B</b>	p ≤ 0,05
	Linke Ohren <b>A</b> vs. linke Ohren <b>C</b>	p ≤ 0,05
	Linke Ohren <b>B</b> vs. linke Ohren <b>C</b>	p ≤ 0,05
<b>Gutachtenpatienten</b> (n = 135)	Rechte Ohren <b>A</b> vs. rechte Ohren <b>B</b>	p ≤ 0,05
	Rechte Ohren <b>A</b> vs. rechte Ohren <b>C</b>	p ≤ 0,05
	Rechte Ohren <b>B</b> vs. rechte Ohren <b>C</b>	p ≤ 0,05
	Linke Ohren <b>A</b> vs. linke Ohren <b>B</b>	p ≤ 0,05
	Linke Ohren <b>A</b> vs. linke Ohren <b>C</b>	p ≤ 0,05
	Linke Ohren <b>B</b> vs. linke Ohren <b>C</b>	p ≤ 0,05

Wie Tabelle 10 präsentiert, gibt es bei den Normalhörenden bei der Testung der Differenzen aus den Mittelwerten der Hörverluste der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz) und den Hörverlusten für Zahlen gegen (versus = vs.) die Differenzen aus den mittleren Hörverlusten der Gruppe B (500 und 1000 Hz) sowohl bei den rechten Ohren (p = 0,530) als auch bei den linken Ohren (p = 0,265) keinen signifikanten Unterschied. Die Gegenüberstellung der Differenzen der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz) und dem Hörverlust für Zahlen mit denen der Gruppe C (500, 1000 und 2000 Hz) lieferten bei den rechten Ohren einen signifikanten Unterschied (p = 0,049), während die linken Ohren keine Signifikanz (p = 0,558) aufwiesen. Der Vergleich der Differenzen aus den Mittelwerten der Gruppe B (500 und 1000 Hz) und den Hörverlusten für Zahlen mit denselbigen der Gruppe C (500, 1000 und 2000 Hz) demonstrierte bei den rechten Ohren einen signifikanten (p = 0,008) und bei den linken Ohren keinen signifikanten (p = 0,124) Unterschied.



Bei den schwerhörigen Patienten und den Gutachtenpatienten zeigte sich sowohl bei den rechten als auch bei den linken Ohren, dass in allen gegeneinander getesteten Differenzen aus den Mittelwerten der Gruppen und dem Hörverlust für Zahlen (A vs. B, A vs. C und B vs. C) ein signifikanter Unterschied ( $p \leq 0,05$ ) bestand.

### 3.1.3 Korrelation der rechten mit den linken Ohren

**Tabelle 11: Normalhörende Patienten (n = 80):** Korrelationen der rechten gegen die linken Ohren bezüglich Hörverlusten bei einzelnen Frequenzen, Mittelwerten aus den Hörverlusten der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz), B (500 und 1000 Hz) und C (500, 1000 und 2000 Hz), Hörverlusten für Zahlen und den Differenzen aus den Mittelwerten der Hörverlusten von Gruppe A, B und C und dem Hörverlust für Zahlen.

	Korrelation (nach Spearman)
<b>Hörverluste der Frequenz:</b>	
250 Hz (rechte Ohren) gegen 250 Hz (linke Ohren)	$r_s = 0,663$
500 Hz (rechte Ohren) gegen 500 Hz (linke Ohren)	$r_s = 0,620$
1000 Hz (rechte Ohren) gegen 1000 Hz (linke Ohren)	$r_s = 0,598$
2000 Hz (rechte Ohren) gegen 2000 Hz (linke Ohren)	$r_s = 0,504$
<b>Mittelwerte (MW) aus den Hörverlusten:</b>	
Gruppe A (rechte Ohren) gegen Gruppe A (linke Ohren)	$r_s = 0,775$
Gruppe B (rechte Ohren) gegen Gruppe B (linke Ohren)	$r_s = 0,761$
Gruppe C (rechte Ohren) gegen Gruppe C (linke Ohren)	$r_s = 0,735$
<b>Hörverlust für Zahlen:</b>	
rechte Ohren gegen linke Ohren	$r_s = 0,609$
<b>Differenzen aus den MW der Hörverluste und dem HVZ:</b>	
Gruppe A (rechte Ohren) gegen Gruppe A (linke Ohren)	$r_s = 0,591$
Gruppe B (rechte Ohren) gegen Gruppe B (linke Ohren)	$r_s = 0,555$
Gruppe C (rechte Ohren) gegen Gruppe C (linke Ohren)	$r_s = 0,534$

Es zeigt sich in Tabelle 11, dass bei allen getesteten Parametern eine mittlere Korrelation zwischen den rechten und linken Ohren bestand. Bei den Mittelwerten aus den Hörverlusten der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz), Gruppe B (500 und 1000 Hz) und Gruppe C (500, 1000 und 2000 Hz) stellt sich eine hohe Korrelation zwischen beiden Seiten dar. Anhand des hoch signifikanten Ergebnisses von  $p \leq 0,01$  konnte die Nullhypothese widerlegt werden und ein statistischer Zusammenhang zwischen rechten und linken Ohren bezüglich der einzelnen Prüfungen bestätigt werden.

### 3.1.4 Unterschiede zwischen rechten und linken Ohren

**Tabelle 12: Normalhörende Patienten (n = 80):** Test auf signifikante Unterschiede zwischen rechten und linken Ohren bezüglich Hörverlusten bei einzelnen Frequenzen (250, 500, 1000 und 2000 Hz), Mittelwerten aus den Hörverlusten der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz), B (500 und 1000 Hz) und C (500, 1000 und 2000 Hz), Hörverlusten für Zahlen und den Differenzen aus den Mittelwerten der Hörverluste von Gruppe A, B und C dem Hörverlust für Zahlen.

n = 80	p-Wert (nach <b>Wilcoxon</b> -Test)
<b>Hörverluste der Frequenz:</b>	
250 Hz (rechte Ohren) gegen 250 Hz (linke Ohren)	p = 0,296
500 Hz (rechte Ohren) gegen 500 Hz (linke Ohren)	p = 0,199
1000 Hz (rechte Ohren) gegen 1000 Hz (linke Ohren)	p = 0,711
2000 Hz (rechte Ohren) gegen 2000 Hz (linke Ohren)	p = 0,150
<b>Mittelwerte (MW) aus den Hörverlusten:</b>	
Gruppe A (rechte Ohren) gegen Gruppe A (linke Ohren)	p = 0,221
Gruppe B (rechte Ohren) gegen Gruppe B (linke Ohren)	p = 0,325
Gruppe C (rechte Ohren) gegen Gruppe C (linke Ohren)	p = 0,164
<b>Hörverlust für Zahlen (HVZ):</b> rechte Ohren gegen linke Ohren	p = 0,942
<b>Differenzen aus den MW der Hörverluste und dem HVZ:</b>	
Gruppe A (rechte Ohren) gegen Gruppe A (linke Ohren)	p = 0,654
Gruppe B (rechte Ohren) gegen Gruppe B (linke Ohren)	p = 0,787
Gruppe C (rechte Ohren) gegen Gruppe C (linke Ohren)	p = 0,477

Die Tabelle 12 verdeutlicht, dass kein signifikanter Unterschied ( $p > 0,05$ ) zwischen den rechten und linken Ohren im Hinblick auf die Hörverluste der einzelnen Frequenzen, der Mittelwerte der Hörverluste der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz), Gruppe B (500 und 1000 Hz) und Gruppe C (500, 1000 und 2000 Hz), der Hörverluste für Zahlen und der Differenzen aus den Mittelwerten der Hörverluste in Gruppe A, B und C und dem Hörverlust für Zahlen zu finden war.

### 3.1.5 Plausibilitätsprüfung und 2,58-fache Standardabweichung

#### 3.1.5.1 Plausibilitätsprüfung und 2,58-fache Standardabweichung: Normalhörende Patienten

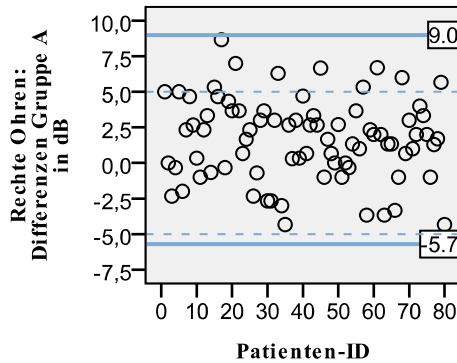


Abb. 9: Rechte Ohren: Gruppe A (250, 500, 1000 Hz)

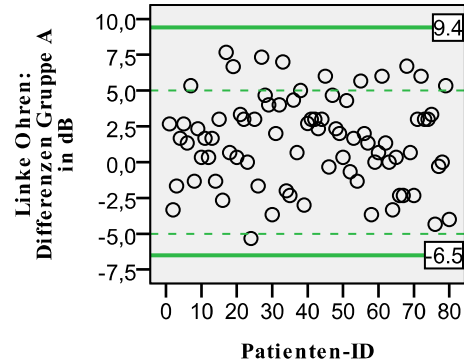


Abb. 10: Linke Ohren: Gruppe A (250, 500, 1000 Hz)

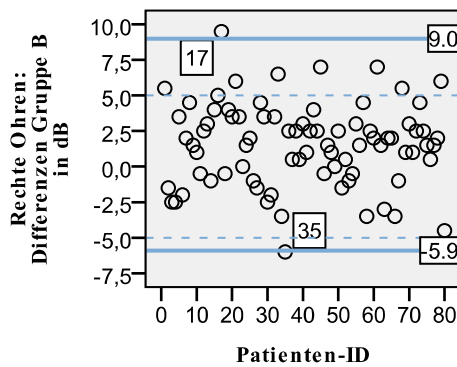


Abb. 11: Rechte Ohren: Gruppe B (500, 1000 Hz)

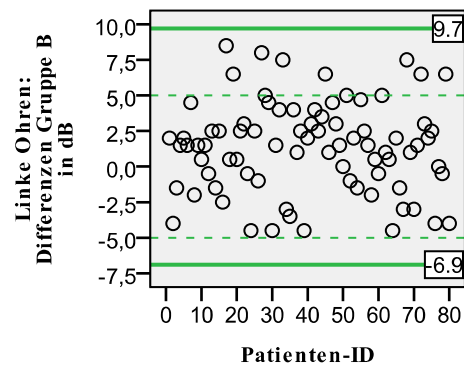


Abb. 12: Linke Ohren: Gruppe B (500, 1000 Hz)

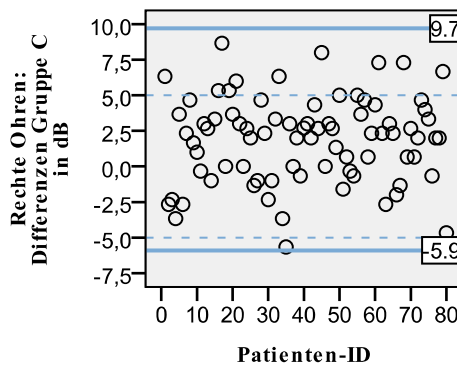


Abb. 13: Rechte Ohren: Gruppe C (500, 1000, 2000 Hz)

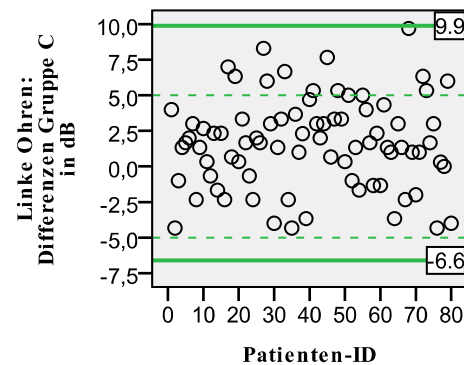


Abb. 14: Linke Ohren: Gruppe C (500, 1000, 2000 Hz)

Abb. 9 bis Abb. 14: Normalhörende Patienten: Rechte und linke Ohren ( $n = 80$ ): Plausibilitätsprüfung und 2,58-fache Standardabweichung der Differenzen (in dB) zwischen dem Mittelwert aus den Hörverlusten der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz), der Gruppe B (500 und 1000 Hz) und der Gruppe C (500, 1000 und 2000 Hz) und dem Hörverlust für Zahlen.

Die 2,58-fache Standardabweichung der Differenzen der rechten Ohren der Gruppe A lag im Intervall von +9,0 bis -5,7 dB (Abb. 9). Dieser Bereich umschloss alle 80 rechten Ohren (100,0%). Die Begrenzung von  $\pm 5,0$  dB wurde bei den rechten Ohren von 71 Patienten (88,8%) eingehalten und von 9 Patienten (11,2%; 9-mal  $> +5,0$  dB) übertreten.

Die Spanne der 2,58-fachen Standardabweichung der Differenzen der linken Ohren zeigte sich in von +9,4 bis -6,5 dB (Abb. 10). Durch diese Begrenzung wurden alle 80 linken Ohren (100,0%) eingeschlossen. Die  $\pm 5,0$  dB Grenze wurde von 68 linken Ohren (85,0%) beachtet und von 12 linken Ohren (15,0%; 11-mal  $> +5,0$  dB; 1-mal  $> -5,0$  dB) überschritten.

Die Grenze der 2,58-fachen Standardabweichung der Differenzen der rechten Ohren der Gruppe B demonstrierte sich zwischen +9,0 und -5,9 dB (Abb. 11). Diese Markierung wurde bei den rechten Ohren von 78 Patienten (97,5%) eingehalten, 2 Patienten (2,5%; Nr.17, Nr.35) überschritten diese. Der  $\pm 5,0$  dB Begrenzung folgten 71 rechte Ohren (88,8%). Somit überkreuzten 9 rechte Ohren (11,2%; 8-mal  $> +5,0$  dB; 1-mal  $> -5,0$  dB) diese Vorgabe.

Die Abgrenzung der 2,58-fachen Standardabweichung der Differenzen der linken Ohren der Gruppe B lag bei +9,7 und -6,9 dB (Abb. 12). Es wurden alle 80 linken Ohren (100,0%) mit eingeschlossen.

Die 2,58-fache Standardabweichung der Differenzen bei den rechten Ohren der Gruppe C präsentierten sich im Intervall von +9,7 bis -5,9 dB (Abb. 13). Mittels dieser Grenzgebung wurden 80 rechten Ohren (100,0%) inkludiert. Der  $\pm 5,0$  dB Abgrenzung kamen 69 rechte Ohren (86,3%) nach. Folglich zeigten sich 11 rechte Ohren (13,7%; 10-mal  $> +5,0$  dB; 1-mal  $< -5,0$  dB) nicht in diesem Bereich.

Die 2,58-fache Standardabweichung der Differenzen der Gruppe C der linken Ohren legte den Abstand bei +9,9 und -6,6 dB fest (Abb. 14). Dabei wurden alle 80 linken Ohren (100,0%) eingeschlossen. An die  $\pm 5,0$  dB Grenze hielten sich 68 linke Ohren (85,0%). Demnach übergangen 12 linke Ohren (15,0%; 12-mal  $> +5,0$  dB) diese Vorgabe.

### 3.1.5.2 Plausibilitätsprüfung und 2,58-fache Standardabweichung: Schwerhörige Patienten

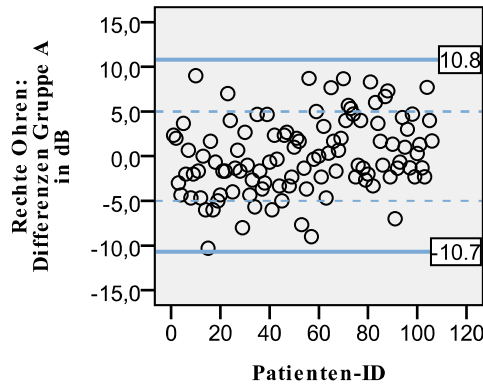


Abb. 15: Rechte Ohren: Gruppe A (250, 500, 1000 Hz)

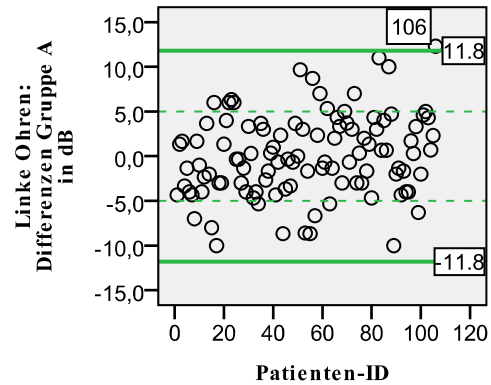


Abb. 16: Linke Ohren: Gruppe A (250, 500, 1000 Hz)

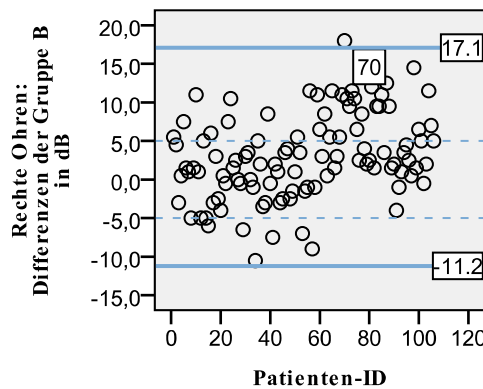


Abb. 17: Rechte Ohren: Gruppe B (500, 1000 Hz)

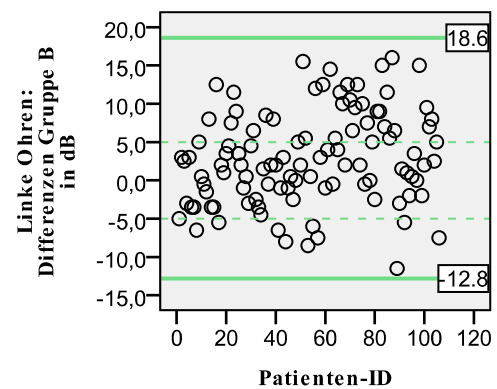


Abb. 18: Linke Ohren: Gruppe B (500, 1000 Hz)

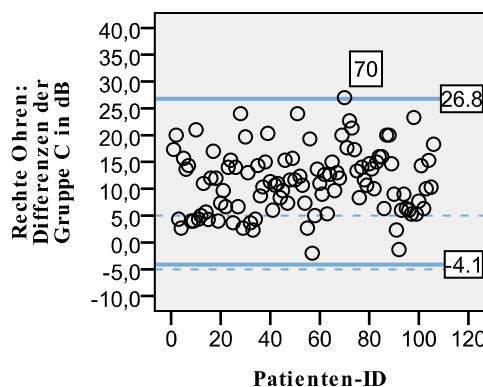


Abb. 19: Rechte Ohren: Gruppe C (500, 1000, 2000 Hz)

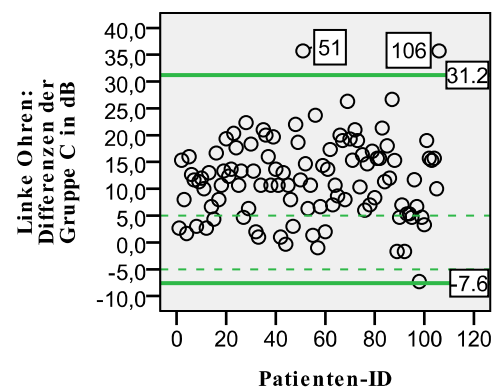


Abb. 20: Linke Ohren: Gruppe C (500, 1000, 2000 Hz)

Abb. 15 bis Abb. 20: Schwerhörige Patienten: Rechte und linke Ohren ( $n = 106$ ): Plausibilitätsprüfung und 2,58-fache Standardabweichung der Differenzen (in dB) zwischen dem Mittelwert aus den Hörverlusten der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz), der Gruppe B (500 und 1000 Hz) und der Gruppe C (500, 1000 und 2000 Hz) und dem Hörverlust für Zahlen.

Die 2,58-fache Standardabweichung der Gruppe A der Differenzen der rechten Ohren definierte sich im Intervall von +10,8 bis -10,7 dB (Abb. 15). Dieser Bereich schloss alle rechten Ohren der 106 Patienten (100,0%) mit ein. Die  $\pm 5,0$  dB Abgrenzung hielten 85 rechte Ohren (80,2%) ein und 21 rechte Ohren (19,8%; 12-mal  $> +5$  dB; 9-mal  $< -5$  dB) übertraten diese.

Die Grenzgebung durch die 2,58-fache Standardabweichung der Differenzen der linken Ohren der Gruppe A gestaltete sich von +11,8 bis -11,8 dB (Abb. 16). Diese Vorgabe wurde von 105 linken Ohren (99,1%) der Patienten eingehalten, 1 Patient (0,9%; Nr. 106) überschritt diese. Die  $\pm 5,0$  dB Abtrennung zeigte im Innenraum 83 linke Ohren (78,3%) und im Außenraum 23 linke Ohren (21,7%; 12-mal  $> +5,0$  dB; 11-mal  $> -5,0$  dB).

Die Spanne der 2,58-fachen Standardabweichung der Gruppe B der rechten Ohren stellte sich von +17,1 bis -11,2 dB dar (Abb. 17). Diese schloss 105 rechte Ohren (99,1%) ein, 1 rechtes Ohr (0,9%; Nr. 70) zeigte sich außerhalb dieser Spanne. Der  $\pm 5,0$  dB Abgrenzung entsprachen 67 rechte Ohren (63,2%). Demzufolge lagen 39 rechte Ohren (36,8%; 33-mal  $> +5,0$  dB; 6-mal  $< -5,0$  dB) außerhalb davon.

Die Grenzen der 2,58-fachen Standardabweichung der Differenzen der linken Ohren der Gruppe B (Abb. 18) zeigten einen Raum von +18,6 bis -12,8 dB auf. Davon wurden alle 106 linke Ohren (100,0%) der Patienten umfasst. Die  $\pm 5,0$  dB Abgrenzung beinhaltete 61 linke Ohren (57,5%). Somit zeigten sich 45 linke Ohren (42,5%; 35-mal  $> +5,0$  dB; 10-mal  $< -5,0$  dB) nicht in besagter Abgrenzung.

Das Intervall der 2,58-fachen Standardabweichung der Differenzen der Gruppe C der 106 rechten Ohren demonstrierte sich im Bereich von +26,8 bis -4,1 dB (Abb. 19). Dabei wurden 105 rechte Ohren (99,1%) umschlossen. 1 rechtes Ohr (0,9%) mit der Nr. 70 befand sich außerhalb der Grenze. Die zu vergleichende  $\pm 5,0$  dB Grenze übertrat die Mehrheit mit 88 rechten Ohren (83,0%; 88-mal  $> +5,0$  dB). Innerhalb dieses Areals fanden sich 18 rechte Ohren (17,0%).

Das Intervall der 2,58-fachen Standardabweichung der Differenzen der 106 linken Ohren der Gruppe C (Abb. 20) lag zwischen +31,2 und -7,6 dB. Es wurden 104 linke Ohren (98,1%) der Patienten umrahmt, 2 rechte Ohren (1,9%; Nr. 51, Nr. 106) fielen aus diesem Raster.

Die  $\pm 5,0$  dB Begrenzung fasste 20 linke Ohren (18,9%). Demgegenüber lagen 86 linke Ohren (81,1%; 85-mal  $> +5,0$  dB; 1-mal  $< -5,0$  dB) außerhalb besagter Linie.

### 3.1.5.3 Plausibilitätsprüfung und 2,58-fache Standardabweichung: Gutachtenpatienten (GA-Patienten)

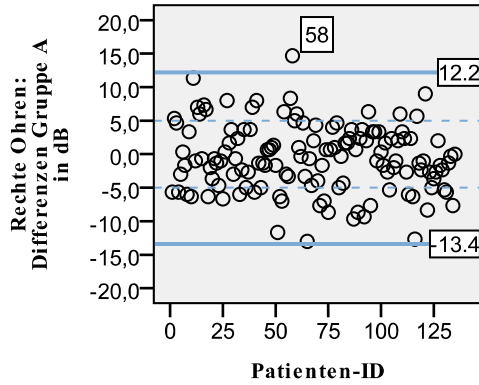


Abb. 21: Rechte Ohren: Gruppe A (250, 500, 1000 Hz)

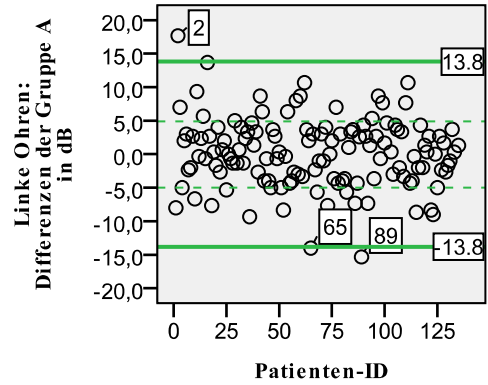


Abb. 22: Linke Ohren: Gruppe A (250, 500, 1000 Hz)

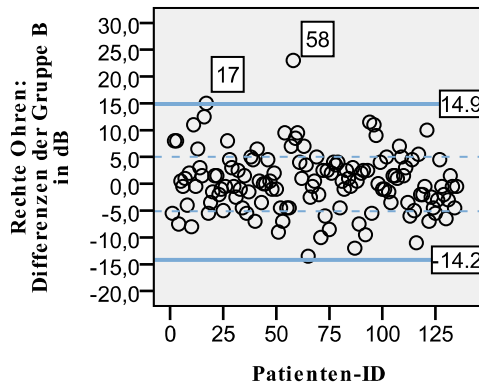


Abb. 23: Rechte Ohren: Gruppe B (500, 1000 Hz)

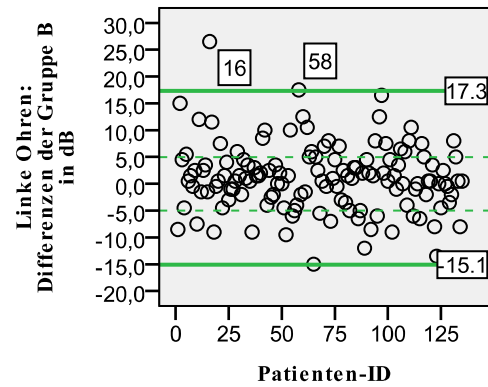


Abb. 24: Linke Ohren: Gruppe B (500, 1000 Hz)

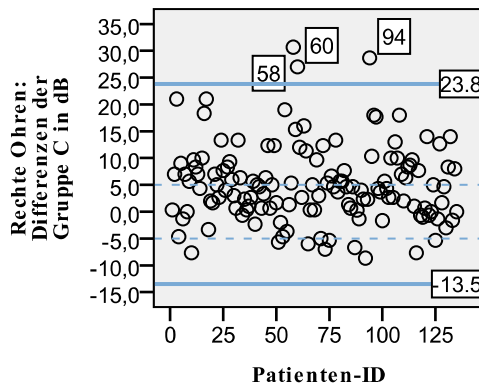


Abb. 25: Rechte Ohren: Gruppe C (500, 1000, 2000 Hz)

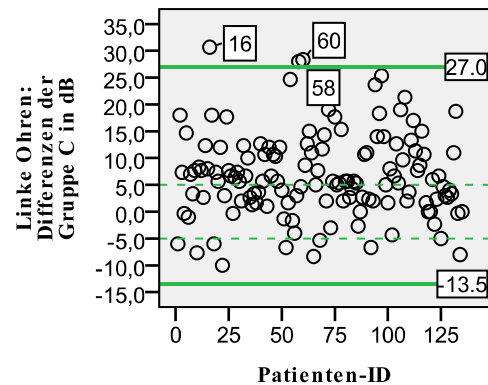


Abb. 26: Linke Ohren: Gruppe C (500, 1000, 2000 Hz)

Abb. 21 bis Abb. 26: Gutachtenpatienten (GA-Patienten): Rechte und linke Ohren (n = 135): Plausibilitätsprüfung und 2,58-fache Standardabweichung der Differenzen (in dB) zwischen dem Mittelwert aus dem Hörverlust der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz), der Gruppe B (500 und 1000 Hz) und der Gruppe C (500, 1000 und 2000 Hz) und dem Hörverlust für Zahlen.

Das Intervall der 2,58-fachen Standardabweichung der Differenzen der rechten Ohren der Gruppe A zeigte sich von +12,2 bis -13,4 dB (Abb. 21). Von dieser Begrenzung wurden 134 Patienten (99,3%) umgeben, 1 Patient (0,7%; Nr. 58) lag außerhalb davon. Die  $\pm 5,0$  dB Begrenzung erfasste 91 rechte Ohren (67,4%) und gliederte 44 rechte Ohren (32,6%; 17-mal  $> +5,0$  dB; 27-mal  $< -5,0$  dB) aus.

Die Abgrenzung der 2,58-fachen Standardabweichung der Differenzen der linken Ohren der Gruppe A demonstrierte sich bei +13,8 und -13,8 dB (Abb. 22). Darin fielen 132 linke Ohren (97,8%), 3 linke Ohren (2,2%; Nr. 2, Nr. 65, Nr. 89) befanden sich nicht in dieser Spanne. Die  $\pm 5,0$  dB Grenze bezog 99 linke Ohren (73,3%) mit ein. Daher wurden 36 linke Ohren (26,7%; 18-mal  $> +5,0$  dB; 18-mal  $< -5,0$  dB) ausgegrenzt.

Die Grenzen der 2,58-fachen Standardabweichungen der Differenzen der rechten Ohren der Gruppe B beliefen sich auf +14,9 und -14,2 dB (Abb. 23). In dieser Begrenzung lagen 133 Patienten (98,5%) und 2 Patienten (1,5%; Nr. 17, Nr. 58) außerhalb davon. Der  $\pm 5,0$  dB Spanne folgten 94 rechte Ohren (69,6%). Somit übertraten 41 Patienten (30,4%; 20-mal  $> +5,0$  dB; 21-mal  $< -5,0$  dB) diese Grenzalternative.

Die 2,58-fache Standardabweichung der Differenzen der linken Ohren der Gruppe B zeigte ihr Intervall bei +17,3 und -15,1 dB (Abb. 24). 133 linke Ohren (98,5%) wurden von diesem Intervall umfasst, 2 linke Ohren (1,5%; Nr. 16, Nr. 58) befanden sich nicht darin. Der  $\pm 5,0$  dB Spanne kamen 89 rechte Ohren (65,9%) nach. Daher übertrafen 46 Patienten (34,1%; 27-mal  $> +5,0$  dB; 19-mal  $< -5,0$  dB) diese.

Die 2,58-fache Standardabweichung der Differenzen der rechten Ohren der Gruppe C gab die Grenzen bei +23,8 und -13,5 dB an (Abb. 25). Dieser Begrenzung folgten 132 Patienten (97,8%), dagegen stellten sich 3 Patienten (2,2%; Nr. 58, Nr. 60, Nr. 94) außerhalb dar. Die  $\pm 5,0$  dB Begrenzung wurde von 67 rechten Ohren (49,6%) befolgt und von 68 rechten Ohren (50,4%; 59-mal  $> +5,0$  dB; 9-mal  $< -5,0$  dB) missachtet.

Die linken Ohren stellten die Grenzen der 2,58-fachen Standardabweichung der Differenzen der Gruppe C mit +27,0 und -13,5 dB dar (Abb. 26). Die Werte von 132 Patienten (97,8%) wurden damit umfasst. Die 3 Patienten mit Nr. 16, 58 und 60 (2,2%) überragten diese. Die  $\pm 5,0$  dB Spanne schloss 49 linke Ohren (36,3%) ein und klammerte 86 linke Ohren (63,7%; 77-mal  $> +5,0$  dB; 9-mal  $< -5,0$  dB) aus.



### 3.1.5.3.1 Plausibilitätsprüfung und 2,58-fache Standardabweichung: GA-Patienten ohne pankochleären Hörverlust

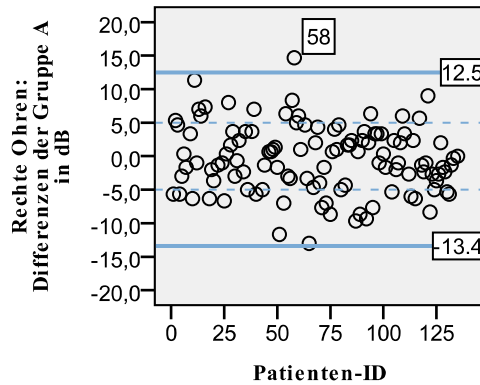


Abb. 27: Rechte Ohren: Gruppe A (250, 500, 1000 Hz)

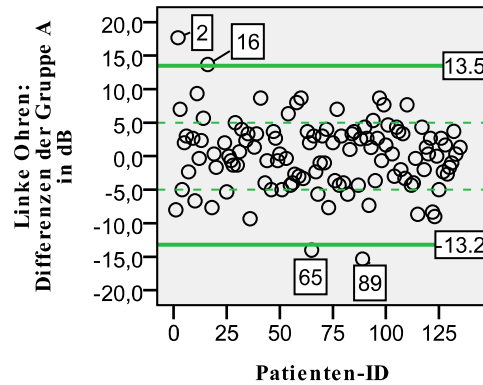


Abb. 28: Linke Ohren: Gruppe A (250, 500, 1000 Hz)

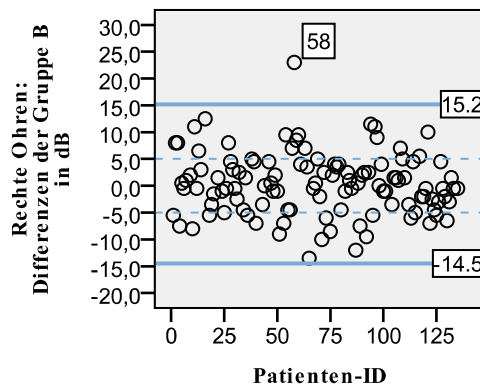


Abb. 29: Rechte Ohren: Gruppe B (500, 1000 Hz)

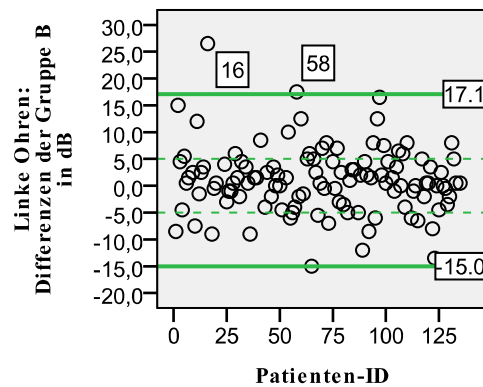


Abb. 30: Linke Ohren: Gruppe B (500, 1000 Hz)

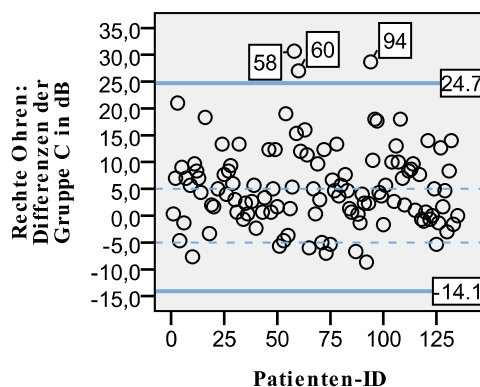


Abb. 31: Rechte Ohren: Gruppe C (500, 1000, 2000 Hz)

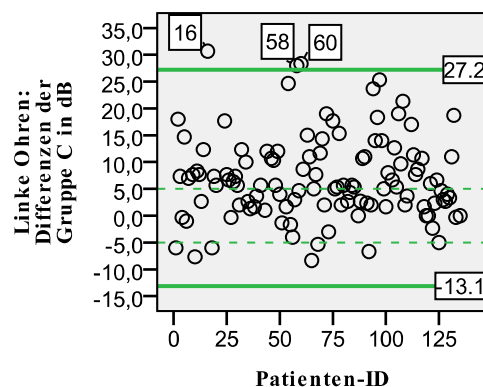


Abb. 32: Linke Ohren: Gruppe C (500, 1000, 2000 Hz)

Abb. 27 bis Abb. 32: GA-Patienten ohne pankochleären Hörverlust: Rechte Ohren ( $n = 114$ ) und linke Ohren ( $n = 115$ ): Plausibilitätsprüfung und 2,58-fache Standardabweichung der Differenzen (in dB) zwischen dem Mittelwert aus dem Hörverlust der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz), der Gruppe B (500 und 1000 Hz) und der Gruppe C (500, 1000 und 2000 Hz) und dem Hörverlust für Zahlen.

Die Spanne der 2,58-fachen Standardabweichung der Differenzen der 114 rechten Ohren legte sich von +12,5 bis -13,4 dB dar (Abb. 27). Darin wurden 113 rechte Ohren (99,1%) eingeschlossen und 1 rechtes Ohr (0,9%) mit der Nr. 58 ausgeschlossen. Die  $\pm 5,0$  dB Grenze inkludierte 77 rechte Ohren (67,5%). Folglich wurden 37 rechte Ohren (32,5%; 15-mal  $> +5,0$  dB; 22-mal  $< -5,0$  dB) ausgegrenzt.

Die 2,58-fache Standardabweichung der Differenzen der 115 linken Ohren zeigte ein Intervall von +13,5 bis -13,2 dB (Abb. 28). Diese Begrenzung wurde von 111 linken Ohren (96,5%) befolgt. Die übrigen 4 linken Ohren (3,5%; Nr. 2, 16, 65, 89) übertraten diese Spanne. Die  $\pm 5,0$  dB Grenze gab 87 linken Ohren (75,7%) eine Vorgabe. Somit missachteten 28 linke Ohren (24,3%; 14-mal  $> +5,0$  dB; 14-mal  $< -5,0$  dB) dieses Areal.

Die Grenzen der 2,58-fachen Standardabweichung der Differenzen der rechten Ohren der Gruppe B legten sich mit den Werten +15,2 und -14,5 dB dar (Abb. 29). Dabei wurden alle 114 rechte Ohren (100,0%) miteinbezogen. Die  $\pm 5,0$  dB Grenze beinhaltete 77 rechte Ohren (67,5%) und klammerte 37 rechte Ohren (42,5%; 17-mal  $> +5,0$  dB; 20-mal  $< -5,0$  dB) aus.

Die Grenzen der 2,58-fachen Standardabweichung der Differenzen der linken Ohren der Gruppe B beschrieben sich mit den Werten +17,1 und -15,0 dB (Abb. 30). Darin fielen 114 linke Ohren (99,1%). Außerhalb davon zeigte sich 1 linkes Ohr (0,9%) des Patienten Nr. 58. Der  $\pm 5,0$  dB Grenze folgten 80 linke Ohren (69,6%). Dagegen fielen 35 linke Ohren (30,4%; 20-mal  $> +5,0$  dB; 15-mal  $< -5,0$  dB) aus diesem Raster.

Das Intervall der 2,58-fachen Standardabweichung der Differenzen der 114 rechten Ohren präsentierte sich von +24,7 bis -14,1 dB (Abb. 31). In diesem Bereich zeigten sich 111 rechte Ohren (97,4%). Die übrigen 3 rechten Ohren (2,6%; Nr. 58, 60 und 94) lagen außerhalb. Die  $\pm 5,0$  dB Begrenzung umschloss 56 rechte Ohren (49,1%) und grenzte 58 rechte Ohren (50,9%; 50-mal  $> +5,0$  dB; 8-mal  $< -5,0$  dB) aus.

Die 2,58-fache Standardabweichung der Differenzen der 115 linken Ohren der Gruppe C legte eine Spanne von +27,2 bis -13,1 dB dar (Abb. 32). Dieser Spanne folgten 112 linke Ohren (97,4%). Die 3 rechten Ohren (2,6%) der Patienten Nr. 16, 58 und 60 zeigten sich nicht darin. Die  $\pm 5,0$  dB Grenze enthielt 47 linke Ohren (40,9%) und grenzte damit 68 linke Ohren (59,1%; 62-mal  $> +5,0$  dB; 6-mal  $< -5,0$  dB) aus.

### 3.1.5.3.2 Plausibilitätsprüfung und 2,58-fache Standardabweichung: GA-Patienten mit pankochleärem Hörverlust

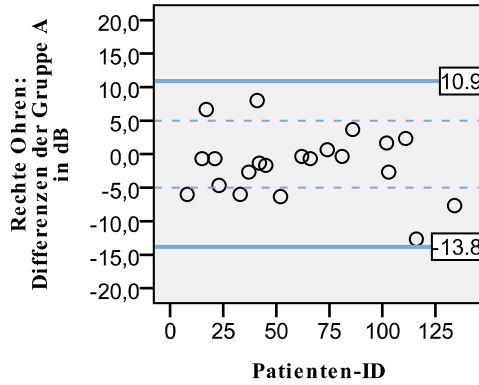


Abb. 33: Rechte Ohren: Gruppe A (250, 500, 1000 Hz)

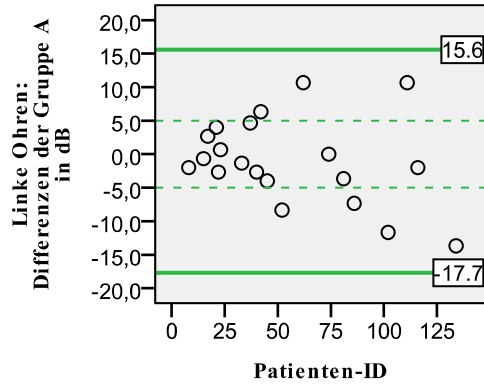


Abb. 34: Linke Ohren: Gruppe A (250, 500, 1000 Hz)

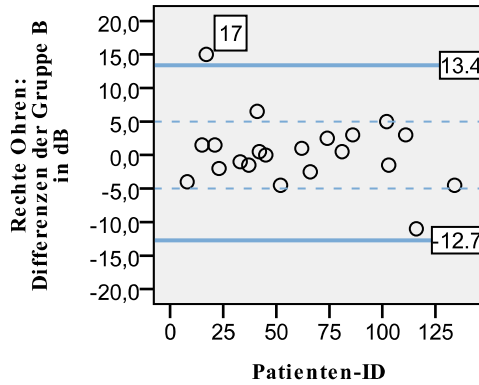


Abb. 35: Rechte Ohren: Gruppe B (500, 1000 Hz)

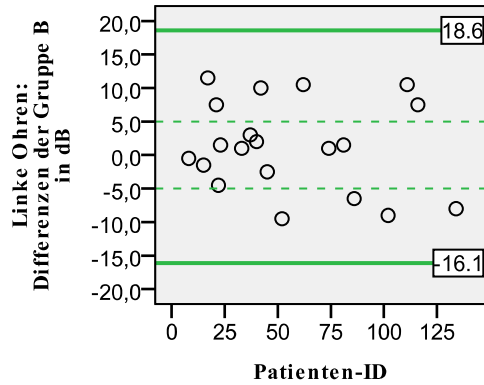


Abb. 36: Linke Ohren: Gruppe B (500, 1000 Hz)

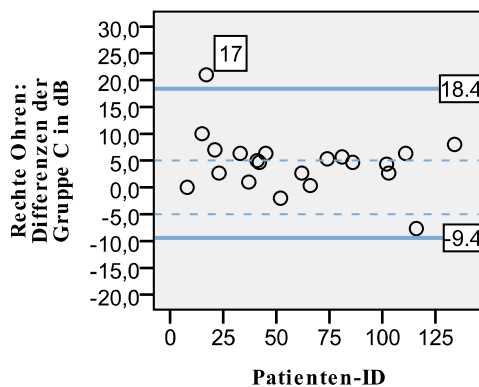


Abb. 37: Rechte Ohren: Gruppe C (500, 1000, 2000 Hz)

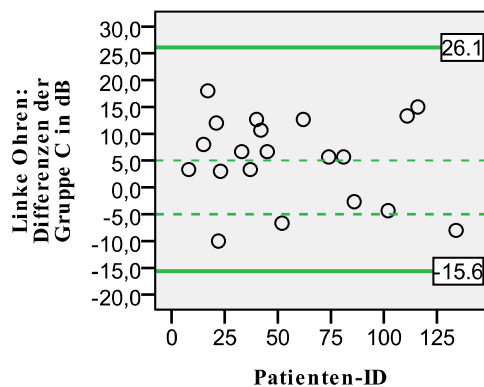


Abb. 38: Linke Ohren: Gruppe C (500, 1000, 2000 Hz)

Abb. 33 bis Abb. 38: GA-Patienten mit pankochleärem Hörverlust: Rechte Ohren ( $n = 21$ ) und linke Ohren ( $n = 20$ ): Plausibilitätsprüfung und 2,58-fache Standardabweichung der Differenzen (in dB) zwischen dem Mittelwert aus dem Hörverlusten der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz), der Gruppe B (500 und 1000 Hz) und der Gruppe C (500, 1000 und 2000 Hz) und dem Hörverlust für Zahlen.

Die 21 rechten Ohren wiesen das Intervall der 2,58-fachen Standardabweichungen der Differenzen der Gruppe A von +10,9 bis -13,8 dB auf (Abb. 33). Diese Abgrenzung wurde von allen 21 rechten Ohren (100,0%) eingehalten. Innerhalb der  $\pm 5,0$  dB Grenze zeigten sich 14 rechte Ohren (66,7%). Dagegen überschritten 7 rechte Ohren (33,3%; 2-mal  $> +5,0$  dB; 5-mal  $< -5,0$  dB) besagte Markierung.

Bei den 20 linken Ohren fiel die Spanne der 2,58-fachen Standardabweichung der Differenzen der Gruppe A auf +15,6 und -17,7 dB (Abb. 34). Darin wurden alle 20 linken Ohren (100,0%) eingeschlossen. Die  $\pm 5,0$  dB Grenze befolgten 13 linke Ohren der Patienten (65,0%) und missachteten 7 linke Ohren (35,0%; 3-mal  $> +5,0$  dB; 4-mal  $< -5,0$  dB).

Die Grenzen der 2,58-fachen Standardabweichung der Differenzen der 21 rechten Ohren der Gruppe B demonstrierten sich bei +13,4 und -12,7 dB (Abb. 35). Diesen Raum umfassten 20 rechte Ohren (95,2%). Außerhalb davon zeigte sich 1 rechtes Ohr (4,8%) des Patienten Nr. 17. Die  $\pm 5,0$  dB Grenze erfüllten 18 rechte Ohren (85,7%), 3 rechte Ohren (14,3%; 2-mal  $> +5,0$  dB; 1-mal  $< -5,0$  dB) übertraten diesen Bereich.

Die 2,58-fache Standardabweichung der Differenzen der 20 linken Ohren zeigte die Begrenzung bei +18,6 und -16,1 dB (Abb. 36). Dabei wurden alle 20 linken Ohren (100,0%) inkludiert. Die  $\pm 5,0$  dB Grenze beinhaltete 10 linke Ohren (50,0%). Folglich wurde diese Vorgabe von 10 linken Ohren (50,0%; 6-mal  $> +5,0$  dB; 4-mal  $< -5,0$  dB) übergangen.

Die Intervalle der 2,58-fachen Standardabweichung der Differenzen der 21 rechten Ohren der Gruppe C zeigten sich von +18,4 bis -9,4 dB (Abb. 37). Darin befanden sich 20 rechte Ohren (95,2%). 1 rechtes Ohr (4,8%) des Patienten mit der Nr. 17 ergab einen Wert außerhalb dieses Intervalls. Die  $\pm 5,0$  dB Grenze beinhaltete 11 rechte Ohren (52,4%). Dagegen lagen 10 rechte Ohren (47,6%; 9-mal  $> +5,0$  dB; 1-mal  $< -5,0$  dB) nicht darin.

Die Begrenzungen der 2,58-fachen Standardabweichungen der Differenzen der 20 linken Ohren der Gruppe C präsentierten sich bei +26,1 und -15,6 dB (Abb. 38). Diese Spanne beinhaltete alle 20 linken Ohren (100,0%). Im Bereich der  $\pm 5,0$  dB Grenze befanden sich 5 Patienten (25,0%). Somit überschritten 15 linke Ohren (75,0%; 12-mal  $> +5,0$  dB; 3-mal  $< -5,0$  dB) diesen Raum.

### 3.1.5.3.3 Plausibilitätsprüfung und 2,58-fache Standardabweichung: GA-Patienten mit schlüssigen Tests auf kochleären Hörschaden

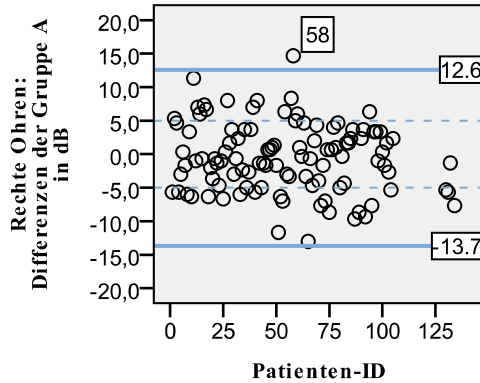


Abb. 39: Rechte Ohren: Gruppe A (250, 500, 1000 Hz)

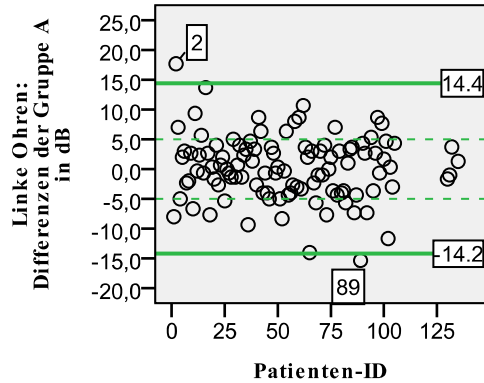


Abb. 40: Linke Ohren: Gruppe A (250, 500, 1000 Hz)

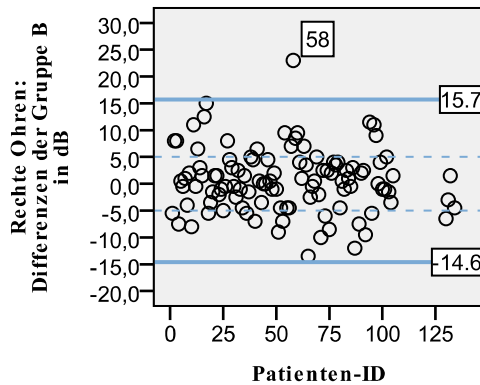


Abb. 41: Rechte Ohren: Gruppe B (500, 1000 Hz)

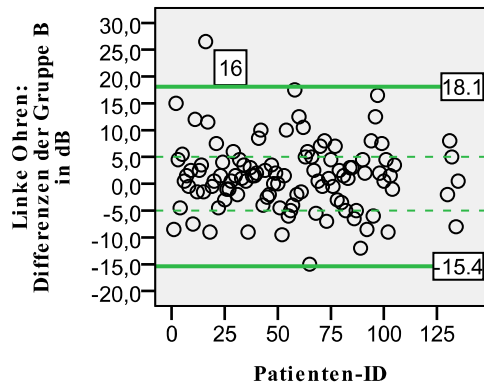


Abb. 42: Linke Ohren: Gruppe B (500, 1000 Hz)

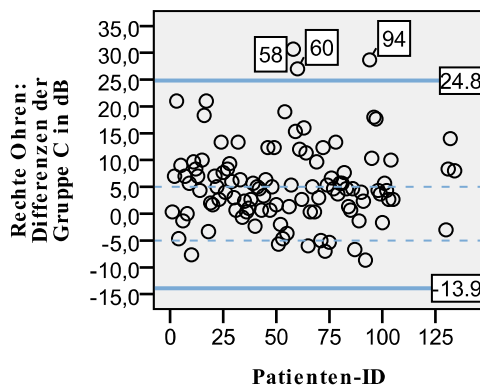


Abb. 43: Rechte Ohren: Gruppe C (500, 1000, 2000 Hz)

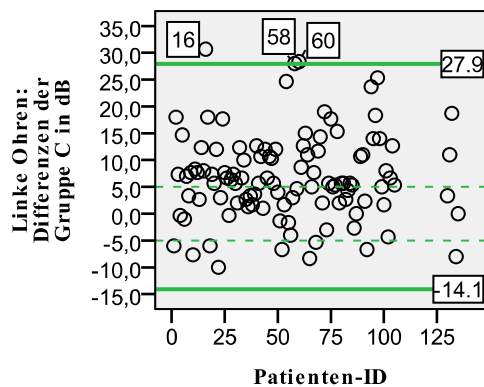


Abb. 44: Linke Ohren: Gruppe C (500, 1000, 2000 Hz)

Abb. 39 bis Abb. 44: GA-Patienten mit nachgewiesenem kochleärem Hörschaden: Rechte Ohren ( $n = 107$ ) und linke Ohren ( $n = 108$ ): Plausibilitätsprüfung und 2,58-fache Standardabweichung der Differenzen (in dB) zwischen dem Mittelwert aus dem Hörverlusten der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz), der Gruppe B (500 und 1000 Hz) und der Gruppe C (500, 1000 und 2000 Hz) und dem Hörverlust für Zahlen.

Die Werte der 2,58-fachen Standardabweichung der Differenzen der 107 rechten Ohren mit sicherem kochleärem Hörschaden der Gruppe A lagen bei +12,6 und -13,7 dB (Abb. 39). In diese Begrenzung fielen 106 rechte Ohren (99,1%) und 1 rechtes Ohr (0,9%) des Patienten mit der Nr. 58 lag außerhalb davon. Der  $\pm 5,0$  dB Grenze folgten 70 rechte Ohren (65,4%). Dagegen überschritten 37 rechte Ohren (34,6%; 14-mal  $> +5,0$  dB; 23-mal  $< -5,0$  dB) besagte Grenzgebung.

Die 2,58-fache Standardabweichung der Differenzen der 108 linken Ohren der Gruppe A demonstrierten den Wertebereich von +14,4 bis -14,2 dB (Abb. 40). Darin wurden 106 linke Ohren (98,1%) eingeschlossen. 2 linke Ohren (1,9%) mit der Nr. 2 und Nr. 89 beschrieben sich nicht in dieser Begrenzung. Die  $\pm 5,0$  dB Grenze befolgten 80 linke Ohren (74,1%). Dabei setzten 28 linke Ohren (25,9%; 15-mal  $> +5,0$  dB; 13-mal  $< -5,0$  dB) ihre Werte außerhalb dieser Bereiche.

Das Intervall der 2,58-fachen Standardabweichung der Differenzen der 107 rechten Ohren der Gruppe B zeigte sich von +15,7 bis -14,6 dB (Abb. 41). Darin wurden alle 107 rechte Ohren (100,0%) eingeschlossen. Die  $\pm 5,0$  dB Grenze beinhaltete 74 rechte Ohren (69,2%) und gliederte 33 rechte Ohren (30,8%; 16-mal  $> +5,0$  dB; 17-mal  $< -5,0$  dB) aus.

Die Spanne der 2,58-fachen Standardabweichung der Differenzen der 108 linken Ohren der Gruppe B wurde von +18,1 bis -15,4 dB dargestellt (Abb. 42). Alle 108 linken Ohren befanden sich innerhalb dieser Begrenzung. Die  $\pm 5,0$  dB Grenze umfasste 72 linke Ohren (66,7%) und klammerte 36 linke Ohren (33,3%; 21-mal  $> +5,0$  dB; 15-mal  $< -5,0$  dB) aus.

Die 2,58-fache Standardabweichung der Differenzen der 107 rechten Ohren der Gruppe C eine Intervall von +24,8 bis -13,9 dB (Abb. 43). Bei dieser Grenzziehung wurden 104 rechte Ohren (97,2%) umspannt, und 3 rechte Ohren (2,8%; Nr. 58, Nr. 60, Nr. 94) nicht miteinbezogen. Die  $\pm 5,0$  dB Grenze enthielt 52 rechte Ohren (48,6%). Dabei übertraten 55 rechte Ohren (51,4%; 48-mal  $> +5,0$  dB; 7-mal  $< -5,0$  dB) diese Spanne.

Die 2,58-fache Standardabweichung der Differenzen der 108 linken Ohren der Gruppe C wies eine Grenze bei +27,9 und -14,1 dB auf (Abb. 44). Diese Begrenzung bezog 105 linke Ohren (97,2%) mit ein. Somit zeigten sich 3 linke Ohren (2,8%; Nr. 16, 58 und 60) außerhalb dieses Rasters. Die  $\pm 5,0$  dB Grenze wurde von 35 linken Ohren (32,4%) eingehalten und von 73 linken Ohren (67,6%; 64-mal  $> +5,0$  dB; 9-mal  $< -5,0$  dB) überschritten.

### 3.1.5.3.4 Plausibilitätsprüfung und 2,58-fache Standardabweichung: GA-Patienten mit unschlüssigen Tests auf kochleären Hörschaden

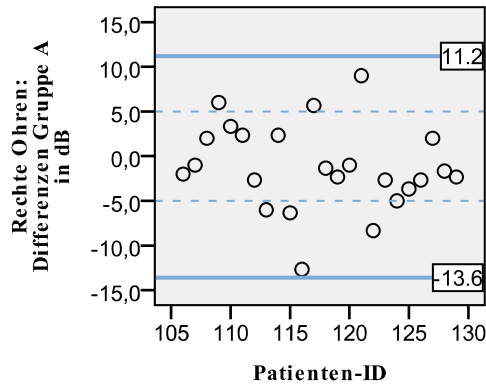


Abb. 45: Rechte Ohren: Gruppe A (250, 500, 1000 Hz)

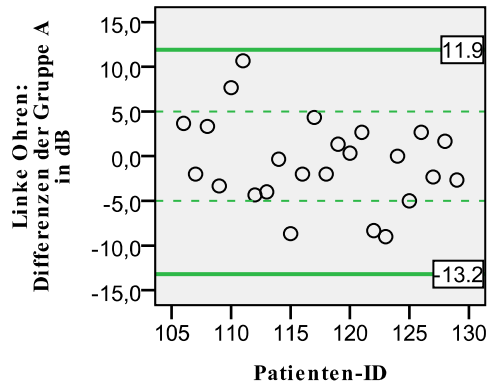


Abb. 46: Linke Ohren: Gruppe A (250, 500, 1000 Hz)

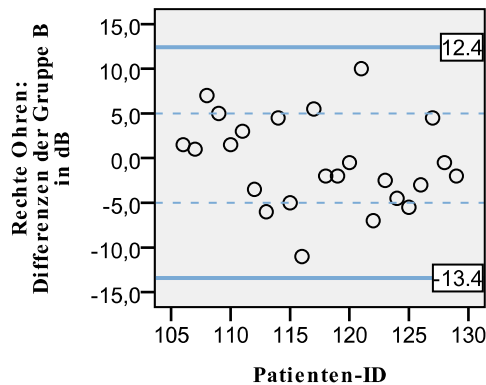


Abb. 47: Rechte Ohren: Gruppe B (500, 1000 Hz)

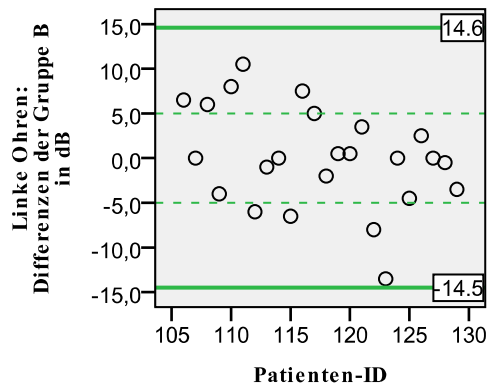


Abb. 48: Linke Ohren: Gruppe B (500, 1000 Hz)

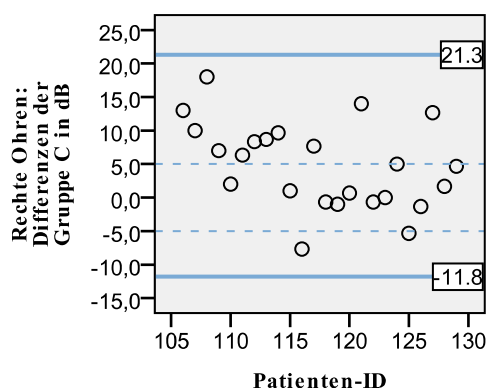


Abb. 49: Rechte Ohren: Gruppe C (500, 1000, 2000 Hz)

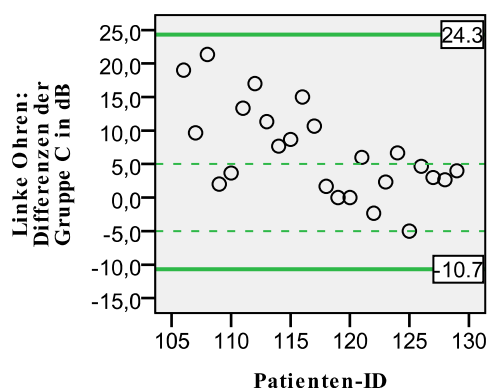


Abb. 50: Linke Ohren: Gruppe C (500, 1000, 2000 Hz)

Abb. 45 bis Abb. 50: GA-Patienten mit unschlüssigen Tests auf kochleären Hörschaden: Rechte und linke Ohren (n = 24): Plausibilitätsprüfung und 2,58-fache Standardabweichung der Differenzen (in dB) zwischen dem Mittelwert aus dem Hörverlust der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz), der Gruppe B (500 und 1000 Hz) und der Gruppe C (500, 1000 und 2000 Hz) und dem Hörverlust für Zahlen.

Die 2,58-fache Standardabweichung der Differenzen der 24 rechten Ohren der Gruppe A lag bei den Werten +11,2 und -13,6 dB (Abb. 45). Diese Grenzziehung umfasste alle 24 rechten Ohren (100,0%). Die  $\pm 5,0$  dB Grenze beinhaltete 17 rechte Ohren (70,8%) und schloss 7 rechte Ohren (29,2%; 3-mal  $> +5,0$  dB; 4-mal  $< -5,0$  dB) aus.

Die Spanne der 2,58-fachen Standardabweichung der Differenzen der 24 linken Ohren der Gruppe A stellte sich von +11,9 bis -13,2 dB dar (Abb. 46). Mit dieser Umgrenzung wurden alle 24 linken Ohren (100,0%) einbezogen. Die  $\pm 5,0$  dB Grenze bezog 19 linke Ohren (79,2%) mit ein und klammerte 5 linke Ohren (20,8%; 2-mal  $> +5,0$  dB; 3-mal  $< -5,0$  dB) aus.

Die 2,58-fache Standardabweichung der Differenzen der Gruppe B der rechten Ohren präsentierte ein Intervall von +12,4 bis -13,4 dB (Abb. 47). Darin wurden alle 24 rechten Ohren (100,0%) mit eingeschlossen. Die  $\pm 5,0$  dB Grenze inkludierte 17 rechte Ohren (70,8%) und exkludierte 7 rechte Ohren (29,2%; 3-mal  $> +5,0$  dB; 4-mal  $< -5,0$  dB).

Die 2,58-fache Standardabweichung der Differenzen der linken Ohren der Gruppe B zeigte sich im Bereich von +14,6 bis -14,5 dB (Abb. 48). Die 24 linken Ohren (100,0%) befanden sich alle innerhalb dieses Intervalls. Die  $\pm 5,0$  dB Grenze befolgten 15 rechte Ohren (62,5%) und missachteten 9 rechte Ohren (37,5%; 5-mal  $> +5,0$  dB; 4-mal  $< -5,0$  dB).

Die Begrenzungen durch die 2,58-fache Standardabweichung der Differenzen der rechten Ohren der Gruppe C zeigten sich bei +21,3 und -11,8 dB (Abb. 49). Diese wurden von allen 24 rechten Ohren (100,0%) eingehalten. Die  $\pm 5,0$  dB Grenzsetzung befolgten 11 rechte Ohren (45,8%). Dagegen verstoßen 13 rechte Ohren (54,2%; 11-mal  $> +5,0$  dB; 2-mal  $< -5,0$  dB).

Die 2,58-fache Standardabweichung der Differenzen der linken Ohren der Gruppe C präsentierte sich bei +24,3 und -10,7 dB (Abb. 50). Diese Spanne umgab alle 24 linken Ohren (100,0%). Die  $\pm 5,0$  dB Grenze fasste 12 linke Ohren (50,0%) und gliederte 12 linke Ohren (50,0%; 12-mal  $> +5,0$  dB) aus.



### 3.1.6 Gegenüberstellung der Differenzen der Gruppen A, B und C innerhalb der GA-Untergruppen

**Tabelle 13:** Überprüfung der Gutachten-Untergruppen auf signifikante Unterschiede bezüglich der Differenzen der Mittelwerte aus den Hörverlusten (HV) der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz), der Gruppe B (500 und 1000 Hz) und der Gruppe C (500, 1000 und 2000 Hz) und dem Hörverlust für Zahlen.

	Ohne pankochleären HV	vs.	Mit pankochleärem HV	p-Wert
Rechte Ohren (n = 135)	114	vs.	21	
	Differenzen der Gruppe A Differenzen der Gruppe B Differenzen der Gruppe C			p = 0,450 p = 0,976 p = 0,887
Linke Ohren (n = 135)	115	vs.	20	
	Differenzen der Gruppe A Differenzen der Gruppe B Differenzen der Gruppe C			p = 0,415 p = 0,877 p = 0,807
	Schlüssige Tests	vs.	Unschlüssige Tests	p-Wert
Rechte Ohren (n = 131)	107	vs.	24	
	Differenzen der Gruppe A Differenzen der Gruppe B Differenzen der Gruppe C			p = 0,544 p = 0,444 p = 0,840
Linke Ohren (n = 132)	108	vs.	24	
	Differenzen der Gruppe A Differenzen der Gruppe B Differenzen der Gruppe C			p = 0,431 p = 0,400 p = 0,913

Bei der Testung der Differenzen aus dem mittleren Hörverlust der Frequenzen der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz), der Gruppe B (500 und 1000 Hz) und der Gruppe C (500, 1000 und 2000 Hz) und dem Hörverlust für Zahlen der Untergruppen der Patienten ohne pankochleären Hörverlust gegen Patienten mit pankochleärem Hörverlust konnte anhand der Differenzen keine signifikanten Unterschiede ( $p > 0,05$ ) festgestellt werden.

Die Gegenüberstellung besagter Differenzen der Patienten mit schlüssigen Hörtests (sicherer kochleärer Hörschaden) und den Patienten mit unschlüssigen Hörtests (fraglicher kochleärer Hörschaden) zeigte, dass auch hier keine signifikanten Unterschiede ( $p > 0,05$ ) zwischen den Differenzen der einzelnen Gruppen vorlagen (Tabelle 13). Ergänzend soll noch erwähnt werden, dass bei 4 rechten Ohren und bei 3 linken Ohren keine Tests bezüglich der Art des Hörschadens getätigt wurden, da der Hörverlust dafür noch zu gering war. Folglich kommt in diesen Fällen die Ohrenanzahl auf 131 (rechte Ohren) und 132 (linke Ohren).

## 3.2 Substudie 2: Überprüfung der Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberversprechen bei 65 dB

### 3.2.1 Überprüfung der Beziehung: Rechte Ohren

**Tabelle 14: Schwerhörige Patienten: Rechte Ohren (n = 101):** Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) bei 1, 2 und 3 kHz im Tonaudiogramm und dem Einsilberversprechen bei 65 dB in % im Sprachaudiogramm.

Rechte Ohren (n = 101)		Einsilberversprechen (ESV) im Sprachaudiogramm bei 65 dB			Gesamt	
		< 30%	30 bis 70%	> 70%		
Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 40 dB) ab	1 kHz	Anzahl	9	17	1	27
		Zeilenprozent	33,3%	63,0%	3,7%	100,0%
	2 kHz	Anzahl	1	37	11	49
		Zeilenprozent	2,0%	75,6%	22,4%	100,0%
	3 kHz	Anzahl	0	6	19	25
		Zeilenprozent	0,0%	24,0%	76,0%	100,0%
Gesamt	Anzahl	10	60	31	101	
	Zeilenprozent	9,9%	59,4%	30,7%	100,0%	

Maß der Symmetrie: **Kendall-tau-b**: 0,59

Die Tabelle 14 zeigt die Anzahl der rechten Ohren pro Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 40 dB) ab 1, 2 und 3 kHz und das damit verbundene Einsilberversprechen (ESV) bei 65 dB mit den Intervallen < 30%, 30 bis 70% und > 70%.

101 rechte Ohren der 106 schwerhörigen Patienten fielen in das vorgegebene Raster. Die restlichen 5 rechten Ohren waren zu vernachlässigen, da ihr Hochtonabfall erst ab 4 kHz begann.

Insgesamt gab es im untersuchten Patientengut 27 rechte Ohren (26,7%), die einen Beginn des Hochtonabfalls bei 1 kHz aufwiesen, 49 rechte Ohren (48,5%), die einen Beginn des Hochtonabfalls bei 2 kHz zeigten und 25 rechte Ohren (24,8%), die einen Beginn des Hochtonabfalls bei 3 kHz darlegten.

Das Einsilberversprechen der 27 Patienten (26,7%), deren rechte Ohren im Tonaudiogramm einen Hochtonabfall ab 1 kHz beschrieben, stellte sich wie folgt dar: 9 rechte Ohren (33,3%) mit einem

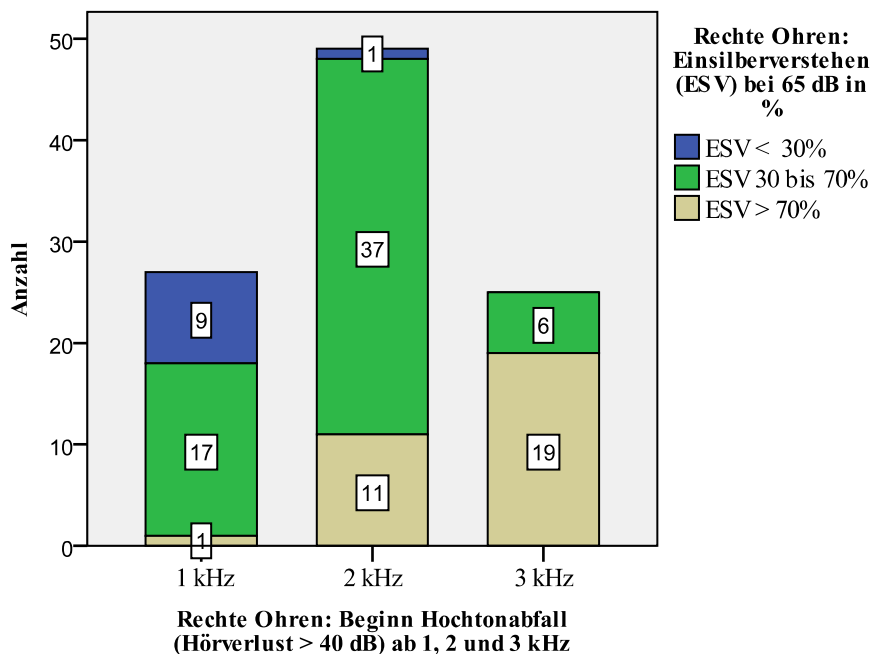
ESV < 30%, 17 rechte Ohren (63,0%) mit einem ESV von 30 bis 70% und 1 rechtes Ohr (3,7%) mit einem ESV > 70%.

Diesem folgten 49 Patienten (36,6%), deren rechte Ohren im Tonaudiogramm einen Hochtonabfall ab 2 kHz aufzeigten. Die rechten Ohren platzierten sich in die vorgegebenen Gruppierungen des Einsilberverstehens in folgender Weise: 1 rechtes Ohr (2,0%) mit einem ESV < 30%, 37 rechte Ohren (75,6%) mit einem ESV von 30 bis 70% und 11 rechte Ohren (22,4%) mit einem ESV > 70%.

Die 25 Patienten (24,8%), deren rechte Ohren in die Gruppe des Hochtonabfalls ab 3 kHz fielen, ordneten sich in die Intervalle des Einsilberverstehens folgendermaßen ein: kein rechtes Ohr (0,0%) mit einem ESV < 30%, 6 rechte Ohren (24,0%) mit einem ESV von 30 bis 70% und 19 rechte Ohren (76,0%) mit einem ESV > 70%.

Im Ganzen zeigte sich das Einsilberversprechen bei 10 rechten Ohren (9,9%) < 30%, bei 60 rechten Ohren (59,4%) zwischen 30 und 70% und bei 31 rechten Ohren (30,7%) > 70%. Das Maß der Symmetrie wurde durch den Kendall-tau-b bestimmt, welcher den Wert 0,59 aufwies.

Mit Hilfe des gehäuftten Balkendiagramms (Abb. 51) lässt sich die mit der Kontingenztafel (Tabelle 14) geprüfte Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) ab 1, 2 oder 3 kHz und dem Einsilberversprechen bei 65 dB in % visualisieren. Die absolute Anzahl der rechten Ohren bezüglich der einzelnen Parzellen wird in den Boxen demonstriert.



**Abb. 51: Schwerhörige Patienten: Rechte Ohren (n = 101):** Grafische Darstellung der Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) ab 1, 2 und 3 kHz im Tonaudiogramm und dem Einsilberversprechen bei 65 dB in % im Sprachaudiogramm.

### 3.2.1.1 Überprüfung der Beziehung (Alter < 60 Jahre): Rechte Ohren

**Tabelle 15: Schwerhörige Patienten (Alter < 60 Jahre): Rechte Ohren (n = 27):** Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) bei 1, 2 und 3 kHz im Tonaudiogramm und dem Einsilberversprechen bei 65 dB in % im Sprachaudiogramm.

Rechte Ohren (n = 27)		Einsilberversprechen (ESV) im Sprachaudiogramm bei 65 dB			Gesamt	
Alter < 60 Jahre		< 30%	30 bis 70%	> 70%		
Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 40 dB) ab	1 kHz	Anzahl	2	6	0	8
		Zeilenprozent	25,0%	75,0%	0,0%	100,0%
	2 kHz	Anzahl	0	9	3	12
		Zeilenprozent	0,0%	75,0%	25,0%	100,0%
	3 kHz	Anzahl	0	1	6	7
		Zeilenprozent	0,0%	14,3%	85,7%	100,0%
Gesamt	Anzahl	2	16	9	27	
	Zeilenprozent	7,4%	59,3%	33,3%	100,0%	

Maß der Symmetrie: **Kendall-tau-b:** 0,67

Die Tabelle 15 demonstriert die Anzahl der rechten Ohren der Patienten, die zum Zeitpunkt der Überprüfung der Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberversprechen (ESV) bei 65 dB mit den Intervallen < 30%, 30 bis 70% und > 70% ein Alter < 60 Jahre aufwiesen.

Davon waren 27 rechte Ohren (26,7%) der insgesamt 101 rechten Ohren (Tabelle 14) betroffen. Darunter gab es 8 rechte Ohren (29,6%), die einen Beginn des Hochtonabfalls bei 1 kHz beschrieben, 12 rechte Ohren (44,4%), die einen Beginn des Hochtonabfalls bei 2 kHz darstellten und 7 rechte Ohren (26,0%), die einen Beginn des Hochtonabfalls bei 3 kHz aufzeigten.

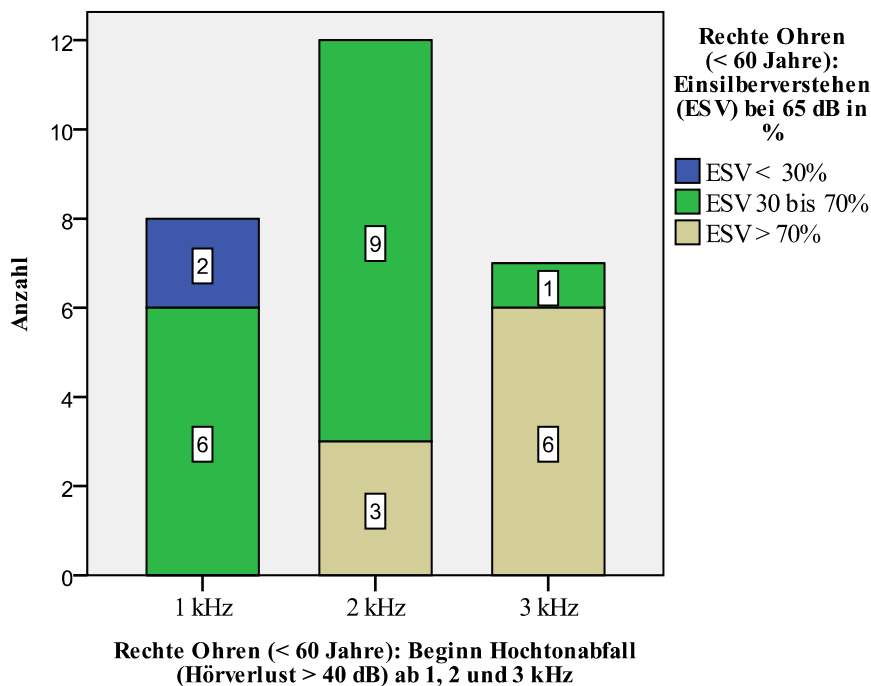
Das Einsilberversprechen der 8 Patienten (29,6%), deren rechte Ohren im Tonaudiogramm einen Hochtonabfall ab 1 kHz aufwiesen, präsentierte sich wie folgt: 2 rechte Ohren (25,0%) mit einem ESV < 30%, 6 rechte Ohren (75,0%) mit einem ESV von 30 bis 70% und kein rechtes Ohr (0,0%) mit einem ESV > 70%.

Die Patienten, deren rechte Ohren einen Hochtonabfall ab 2 kHz erlebten, zeigten sich mit einer Anzahl von 12 (44,4%). Dabei ordneten sich die rechten Ohren in die Intervalle des Einsilberversprechens folgendermaßen ein: kein rechtes Ohr (0,0%) mit einem ESV < 30%, 9 rechte Ohren (75,0%) mit einem ESV von 30 bis 70% und 3 Ohren (25,0%) mit einem ESV > 70%. Diesem folgten 7 Patienten (26,0%), deren rechte Ohren einen Hochtonabfall ab 3 kHz

beschrieben. Dabei stellte sich die Besetzung des Einsilberverstehens in folgender Weise dar: kein rechtes Ohr (0,0%) mit einem ESV < 30%, 1 rechtes Ohr (14,3%) mit einem ESV von 30 bis 70% und 6 rechte Ohren (85,7%) mit einem ESV > 70%.

In toto stellte sich das Einsilberversprechen bei 2 rechten Ohren (7,4%) mit < 30%, bei 16 rechten Ohren (59,3%) von 30 bis 70% und bei 9 rechten Ohren (33,3%) mit > 70% dar. Die Berechnung des Kendall-tau-b lieferte einen Wert von 0,67.

Zur Veranschaulichung der Kontingenztafel (Tabelle 15) soll das gehäufte Balkendiagramm (Abb. 52) dienen, welches die geprüfte Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberversprechen bei 65 dB in % in Bezug auf das Patientenalter < 60 Jahre darstellt. Die jeweilige Anzahl der rechten Ohren im Hinblick auf die einzelnen Parzellen wird in den Boxen dargelegt.



**Abb. 52: Schwerhörige Patienten: (Alter < 60 Jahre): Rechte Ohren (n = 27):** Grafische Darstellung der Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) ab 1, 2 und 3 kHz im Tonaudiogramm und dem Einsilberversprechen bei 65 dB in % im Sprachaudiogramm.

### 3.2.1.2 Überprüfung der Beziehung (Alter $\geq$ 60 Jahre): Rechte Ohren

**Tabelle 16: Schwerhörige Patienten (Alter  $\geq$  60 Jahre): Rechte Ohren (n = 74):** Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust  $>$  40 dB) bei 1, 2 und 3 kHz im Tonaudiogramm und dem Einsilberversprechen bei 65 dB in % im Sprachaudiogramm.

Rechte Ohren (n = 74)		Einsilberversprechen (ESV) im Sprachaudiogramm bei 65 dB			Gesamt	
Alter ≥ 60 Jahre		< 30%	30 bis 70%	> 70%		
Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 40 dB) ab	1 kHz	Anzahl	7	11	1	19
		Zeilenprozent	36,8%	57,9%	5,3%	100,0%
	2 kHz	Anzahl	1	28	8	37
		Zeilenprozent	2,7%	75,7%	21,6%	100,0%
	3 kHz	Anzahl	0	5	13	18
		Zeilenprozent	0,0%	27,8%	72,2%	100,0%
Gesamt		Anzahl	8	44	22	74
		Zeilenprozent	10,8%	59,5%	29,7%	100,0%

Maß der Symmetrie: **Kendall-tau-b:** 0,57

Die Tabelle 16 präsentiert die Anzahl der rechten Ohren der Patienten, die zum Zeitpunkt der Überprüfung der Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust  $>$  40 dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberversprechen (ESV) bei 65 dB mit den Gruppierungen  $<$  30%, 30 bis 70% und  $>$  70% ein Alter  $\geq$  60 Jahre darlegten.

Dies traf auf 74 rechte Ohren (73,3%) der insgesamt 101 rechten Ohren (Tabelle 14) zu. Dabei zeigten sich 19 rechte Ohren (25,7%), die einen Beginn des Hochtonabfalls bei 1 kHz erlitten. Diesem folgten 37 rechte Ohren (50,0%), die einen Beginn des Hochtonabfalls bei 2 kHz erlebten und 18 rechte Ohren (24,3%), die einen Beginn des Hochtonabfalls bei 3 kHz darboten.

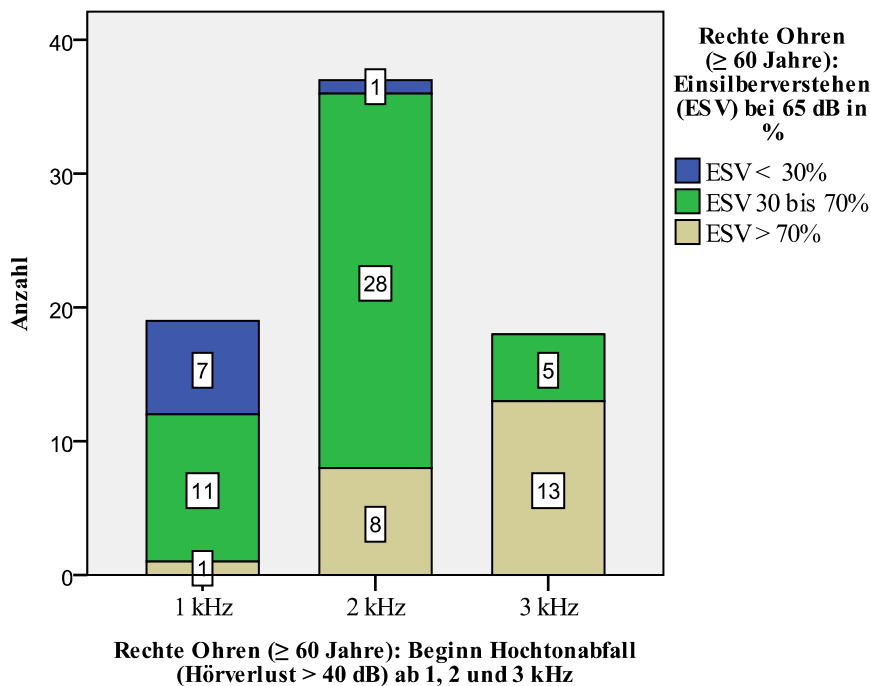
Von den 19 (25,7%) rechten Ohren, die einen Hochtonabfall ab 1 kHz zeigten, wurden die Gruppierungen des Einsilberversprechen folgendermaßen besetzt: 7 rechte Ohren (36,8%) mit einem ESV  $<$  30%, 11 rechte Ohren (57,9%) mit einem ESV von 30 bis 70% und 1 rechtes Ohr (5,3%) mit einem ESV  $>$  70%.

Die 37 rechten Ohren (50,0%), die einen Hochtonabfall ab 2 kHz aufwiesen, präsentierten die Einteilung des Einsilberversprechens wie folgt: 1 rechtes Ohr (2,7%) mit einem ESV  $<$  30%, 28 rechte Ohren (75,7%) mit einem ESV zwischen 30 und 70% und 8 rechte Ohren (21,6%) mit einem ESV  $>$  70%.

Die Patienten, deren rechte Ohren einen Hochtonabfall ab 3 kHz erlebten, lagen in einer Anzahl von 18 (24,3%) vor. In dieser Gruppe zeigte kein rechtes Ohr (0,0%) ein ESV < 30%, 5 rechte Ohren (27,8%) ein ESV von 30 bis 70% und 13 rechte Ohren (72,2%) ein ESV > 70%.

Im Gesamten lag das Einsilberverstehen bei 8 rechten Ohren (10,8%) < 30%, bei 44 rechten Ohren (59,5%) zwischen 30 und 70% und bei 22 rechten Ohren (29,7%) > 70%. Das Maß der Symmetrie wurde durch den Kendall-tau-b definiert, welcher den Wert 0,57 demonstrierte.

Zur weiteren Illustration der beschriebenen Kontingenztafel (Tabelle 16) mit der Eingrenzung des Patientenalters  $\geq 60$  Jahre dient das gehäufte Balkendiagramm (Abb. 53). Dieses zeigt die überprüfte Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) ab 1, 2 oder 3 kHz und dem Einsilberverstehen bei 65 dB in %. Hierbei wird die absolute Anzahl der rechten Ohren in Bezug auf die einzelnen Parzellen in den Boxen dargelegt.



**Abb. 53: Schwerhörige Patienten: (Alter  $\geq 60$  Jahre): Rechte Ohren (n = 74):** Grafische Darstellung der Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) ab 1, 2 und 3 kHz im Tonaudiogramm und dem Einsilberverstehen bei 65 dB in % im Sprachaudiogramm.

### 3.2.2 Überprüfung der Beziehung: Linke Ohren

**Tabelle 17: Schwerhörige Patienten: Linke Ohren (n = 102):** Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) bei 1, 2 und 3 kHz im Tonaudiogramm und dem Einsilberverstehen bei 65 dB in % im Sprachaudiogramm.

Linke Ohren (n = 102)		Einsilberverstehen (ESV) im Sprachaudiogramm bei 65 dB			Gesamt	
		< 30%	30 bis 70%	> 70%		
Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 40 dB) ab	1 kHz	Anzahl	10	13	1	24
		Zeilenprozent	41,7%	54,2%	4,1%	100,0%
	2 kHz	Anzahl	1	41	12	54
		Zeilenprozent	1,9%	75,9%	22,2%	100,0%
	3 kHz	Anzahl	0	8	16	24
		Zeilenprozent	0,0%	33,3%	66,7%	100,0%
Gesamt	Anzahl	11	62	29	102	
	Zeilenprozent	10,8%	60,8%	28,4%	100,0%	

Maß der Symmetrie: **Kendall-tau-b:** 0,56

Die Kontingenztafel (Tabelle 17) präsentiert die Anzahl der linken Ohren, die den Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) ab 1, 2 oder 3 kHz erlitten, und das damit in Beziehung stehende Einsilberverstehen (ESV) bei 65 dB in %. Für das Einsilberverstehen galt dieselbe Klassifizierung wie bei den rechten Ohren, welche sich wie folgt zeigte: < 30%, 30 bis 70% und > 70%.

102 linke Ohren der insgesamt 106 schwerhörigen Patienten konnten in die Kontingenztafel mit einwirken. Die übrigen 4 linken Ohren konnten bei der Erstellung der Tafel vernachlässigt werden, da der Hochtonabfall erst bei 4 kHz startete.

Insgesamt lieferte das Patientengut 24 linke Ohren (23,5%), deren Hochtonabfall bei 1 kHz startete, 54 linke Ohren (53,0%) mit einem Hochtonabfall bei 2 kHz und 24 linke Ohren (23,5%) mit einem Hochtonabfall beginnend bei 3 kHz.

Von den 24 linken Ohren (23,5%), die einen Hochtonabfall ab 1 kHz aufwiesen, wurde die Gruppierung des Einsilberverstehens wie folgt belegt: 10 linke Ohren (41,7%) mit einem ESV < 30%, 13 linke Ohren (54,2%) mit einem ESV von 30 bis 70% und 1 linkes Ohr (4,1%) mit einem ESV > 70%.

Zu den linken Ohren, die einen Hochtonabfall bei 2 kHz erlitten, zählten 54 Ohren (52,9%). Dabei unterteilte sich das Einsilberverstehen folgendermaßen: 1 linkes Ohr (1,9%) mit einem ESV

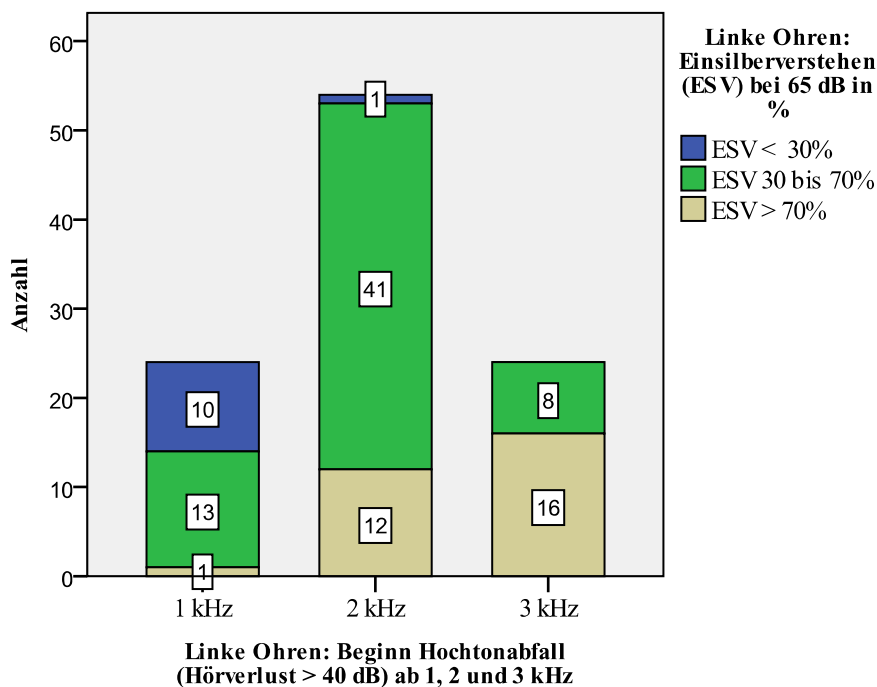


< 30%, 41 linke Ohren (75,9%) mit einem ESV von 30 bis 70% und 12 linke Ohren (22,2%) mit einem ESV > 70%.

Die Patienten, deren linke Ohren einen Hochtonabfall bei 3 kHz erlebten, wiesen eine Anzahl von 24 (23,5%) auf. In dieser Gruppe zeigte kein linkes Ohr (0,0%) ein ESV < 30%, 8 linke Ohren (33,3%) ein ESV von 30 bis 70% und 16 linke Ohren (66,7%) ein ESV > 70%.

In toto lag von allen 102 linken Ohren das Einsilberversprechen bei 11 Patienten (10,8%) < 30%, bei 62 Patienten (60,8%) zwischen 30 und 70% und bei 29 Patienten (28,4%) > 70%. Die Berechnung des Kendall-tau-b wies einen Wert von 0,56 auf.

Die Visualisierung der Kontingenztafel (Tabelle 17) lässt sich durch Abb. 54 verdeutlichen. Wie die Kontingenztafel gibt das gehäufte Balkendiagramm Auskunft über die Beziehungen zwischen dem Ton- und dem Sprachaudiogramm. Hierbei sind der Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) ab 1, 2 oder 3 kHz und das damit verbundene Einsilberversprechen bei 65 dB in % von Bedeutung. Die jeweilige Anzahl der linken Ohren bezüglich der einzelnen Parzellen wird in den Boxen dargestellt.



**Abb. 54: Schwerhörige Patienten: Linke Ohren (n = 102):** Grafische Darstellung der Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) ab 1, 2 und 3 kHz im Tonaudiogramm und dem Einsilberversprechen bei 65 dB in % im Sprachaudiogramm.

### 3.2.2.1 Überprüfung der Beziehung (Alter < 60 Jahre): Linke Ohren

**Tabelle 18: Schwerhörige Patienten (Alter < 60 Jahre): Linke Ohren (n = 29):** Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) bei 1, 2 und 3 kHz im Tonaudiogramm und dem Einsilberversprechen bei 65 dB in % im Sprachaudiogramm.

Linke Ohren (n = 29)		Einsilberversprechen (ESV) im Sprachaudiogramm bei 65 dB			Gesamt	
Alter < 60 Jahre		< 30%	30 bis 70%	> 70%		
Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 40 dB) ab	1 kHz	Anzahl	3	7	0	10
		Zeilenprozent	30,0%	70,0%	0,0%	100,0%
	2 kHz	Anzahl	0	8	3	11
		Zeilenprozent	0,0%	72,7%	27,3%	100,0%
	3 kHz	Anzahl	0	1	7	8
		Zeilenprozent	0,0%	12,5%	87,5%	100,0%
Gesamt	Anzahl	3	16	10	29	
	Zeilenprozent	10,3%	55,2%	34,5%	100,0%	

Maß der Symmetrie: **Kendall-tau-b:** 0,70

Die Tabelle 18 zeigt die Anzahl der linken Ohren der Patienten, die zum Zeitpunkt der Überprüfung der Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberversprechen (ESV) bei 65 dB mit den Gruppierungen < 30%, 30 bis 70% und > 70% ein Alter < 60 Jahre aufwiesen.

Davon waren 29 linke Ohren (28,4%) der insgesamt 102 linken Ohren (Tabelle 17) betroffen. Hierbei stellten 10 linke Ohren (34,5%) einen Beginn des Hochtonabfalls ab 1 kHz dar. Diesem folgten 11 linke Ohren (37,9%), die einen Beginn des Hochtonabfalls ab 2 kHz anzeigten und 8 linke Ohren (27,6%) mit einem Beginn des Hochtonabfalls ab 3 kHz.

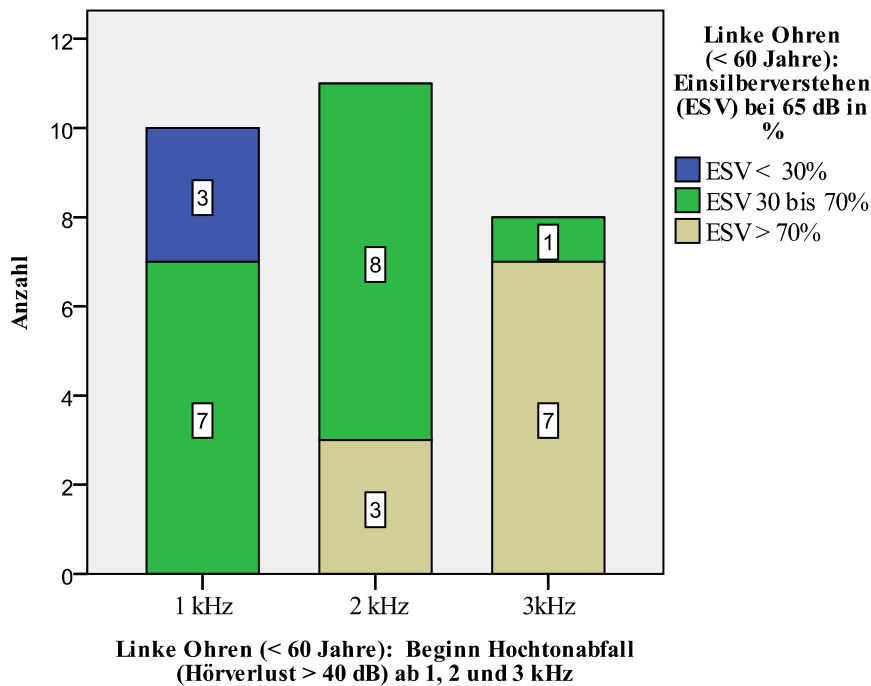
Die 10 linken Ohren (34,5%), deren Hochtonabfall bei 1 kHz startete, platzierten sich in die vorgegebenen Gruppierungen des Einsilberversprechens auf folgende Weise: 3 linke Ohren (30,0%) mit einem ESV < 30%, 7 linke Ohren (70,0%) mit einem ESV von 30 bis 70% und kein linkes Ohr (0,0%) mit einem ESV > 70%.

Die 11 Patienten (37,9%), deren linke Ohren in die Gruppe des Hochtonabfalls ab 2 kHz fielen, stellten die Besetzung des Einsilberversprechens wie folgt dar: kein linkes Ohr (0,0%) mit einem ESV < 30%, 8 linke Ohren (72,7%) mit einem ESV von 30 bis 70% und 3 linke Ohren (27,3%) mit einem ESV > 70%.

Das Einsilberversprechen der 8 Patienten (27,6%), deren linke Ohren einen Hochtonabfall ab 3 kHz demonstrierten, zeigte sich folgendermaßen: kein linkes Ohr (0,0%) mit einem ESV < 30%, 1 linkes Ohr (12,5%) mit einem ESV von 30 bis 70% und 7 linke Ohren (87,5%) mit einem ESV > 70%.

In toto präsentierte sich das Einsilberversprechen bei 3 linken Ohren (10,3%) < 30%, bei 16 linken Ohren (55,2%) von 30 bis 70% und bei 10 linken Ohren (34,5%) > 70%. Als Maß der Symmetrie ergab der Kendall-tau-b einen Wert von 0,70.

Mit Hilfe des gehäuftten Balkendiagramms (Abb. 55) lässt sich die mit der Kontingenztafel überprüfte Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) ab 1, 2 oder 3 kHz und dem Einsilberversprechen bei 65 dB in % bezüglich des Patientenalters < 60 Jahre darlegen. Hierbei wird die absolute Anzahl der linken Ohren bezüglich der einzelnen Parzellen in den Boxen präsentiert.



**Abb. 55: Schwerhörige Patienten: (Alter < 60 Jahre): Linke Ohren (n = 29):** Grafische Darstellung der Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) ab 1, 2 und 3 kHz im Tonaudiogramm und dem Einsilberversprechen bei 65 dB in % im Sprachaudiogramm.

### 3.2.2.2 Überprüfung der Beziehung (Alter $\geq$ 60 Jahre): Linke Ohren

**Tabelle 19: Schwerhörige Patienten (Alter  $\geq$  60 Jahre): Linke Ohren (n = 73):** Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust  $>$  40 dB) bei 1, 2 und 3 kHz im Tonaudiogramm und dem Einsilberversprechen bei 65 dB in % im Sprachaudiogramm.

Linke Ohren (n = 73)		Einsilberversprechen (ESV) im Sprachaudiogramm bei 65 dB			Gesamt	
		< 30%	30 bis 70%	> 70%		
Alter ≥ 60 Jahre						
Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 40 dB) ab	1 kHz	Anzahl	7	6	1	14
		Zeilenprozent	50,0%	42,9%	7,1%	100,0%
	2 kHz	Anzahl	1	33	9	43
		Zeilenprozent	2,3%	76,8%	20,9%	100,0%
	3 kHz	Anzahl	0	7	9	16
		Zeilenprozent	0,0%	43,7%	56,3%	100,0%
Gesamt	Anzahl	8	46	19	73	
	Zeilenprozent	11,0%	63,0%	26,0%	100,0%	

Maß der Symmetrie: **Kendall-tau-b**: 0,50

Die Tabelle 19 veranschaulicht die Anzahl der linken Ohren der Patienten, die zum Zeitpunkt der Überprüfung der Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust  $>$  40 dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberversprechen (ESV) bei 65 dB mit den Intervallen  $< 30\%$ , 30 bis 70% und  $> 70\%$  ein Alter  $\geq$  60 Jahre aufwiesen.

Von den 102 linken Ohren (Tabelle 17) fielen 73 linke Ohren (71,6%) in besagte Alterskategorisierung. Davon erlebten 14 linke Ohren (19,2%) einen Beginn des Hochtonabfalls bei 1 kHz. Diesem folgten 43 linke Ohren (58,9%), die einen Beginn des Hochtonabfalls bei 2 kHz beschrieben und 16 linke Ohren (21,9%), die einen Beginn des Hochtonabfalls bei 3 kHz demonstrierten.

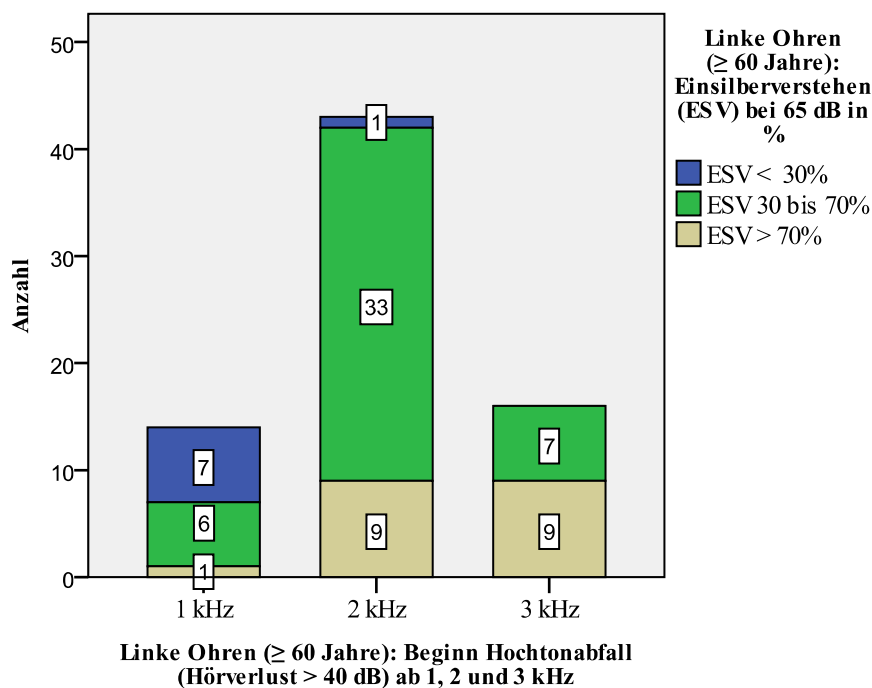
Die 14 linken Ohren (19,2%), deren Hochtonabfall bei 1 kHz startete, belegten die Gruppierungen des Einsilberversprechens folgendermaßen: 7 linke Ohren (50,0%) mit einem ESV  $< 30\%$ , 6 linke Ohren (42,9%) mit einem ESV von 30 bis 70% und 1 linkes Ohr (7,1%) mit einem ESV  $> 70\%$ .

Die 43 linken Ohren (58,9%), die in die Gruppe des Hochtonabfalls ab 2 kHz fielen, ordneten sich in die Intervalle des Einsilberversprechens wie folgt ein: 1 linkes Ohr (2,3%) mit einem ESV  $< 30\%$ , 33 linke Ohren (76,8%) mit einem ESV von 30 bis 70% und 9 linke Ohren (20,9%) mit einem ESV  $> 70\%$ .

Von den 16 linken Ohren (21,9%), deren Hochtonabfall bei 3 kHz begann, demonstrierte sich die Belegung des Einsilberverstehens auf folgende Weise: kein linkes Ohr (0,0%) mit einem ESV < 30%, 7 linke Ohren (43,7%) mit einem ESV zwischen 30 und 70% und 9 linke Ohren (56,3%) mit einem ESV > 70%.

Im Ganzen präsentierte sich das Einsilberverstehen bei 8 linken Ohren (11,0%) mit einem ESV < 30%, bei 46 linken Ohren (63,0%) mit einem ESV von 30 bis 70% und bei 19 linken Ohren mit einem ESV > 70%. Das Maß der Symmetrie wurde durch den Kendall-tau-b dargelegt und zeigte einen Wert von 0,50.

Die Veranschaulichung der beschriebenen Kontingenztafel (Tabelle 19) mit der Begrenzung des Patientenalters  $\geq 60$  Jahre wird durch das gehäufte Balkendiagramm (Abb. 56) dargeboten. Dieses demonstriert die überprüfte Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) ab 1, 2 oder 3 kHz und dem Einsilberverstehen bei 65 dB in %. Dabei wird die jeweilige Anzahl der linken Ohren im Hinblick auf die einzelnen Parzellen in den Boxen dargestellt.



**Abb. 56: Schwerhörige Patienten: (Alter  $\geq 60$  Jahre): Linke Ohren (n = 73):** Grafische Darstellung der Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) ab 1, 2 und 3 kHz im Tonaudiogramm und dem Einsilberverstehen bei 65 dB in % im Sprachaudiogramm.

### 3.3 Substudie 3: Überprüfung der Korrelation zwischen dem Sprachaudiogramm und dem Tonaudiogramm im mittleren bis hochfrequenten Bereich

Bezüglich der Auswahl der Frequenzen und des Einsilberverstehens (ESV) wurden Vorüberlegungen getroffen. Bei den Gutachtenpatienten wurde der Beginn des Hochtonabfalls ab 1, 2, 3, 4 und 6 kHz in Verbindung mit dem jeweils zugehörigen Hörverlust (HV) von > 20, > 30, > 40, > 50 und > 60 dB bei einem Einsilberverstehen von 60, 80 und 100 dB getestet. Dies führte zu dem Ergebnis, dass sowohl der Beginn des Hochtonabfalls bei den Frequenzen 4 und 6 kHz als auch die Schwere des Hörverlustes > 20 und > 60 dB und das Einsilberverstehen für 100 dB zu vernachlässigen waren. Als Grund hierfür galt die Tatsache, dass in genannten Kombinationen keine Diskrimination für die notwendigen Unterteilungen zu erkennen war. Zusätzlich zeigte das Einsilberverstehen bei 100 dB in Kombination mit dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 30, > 40 und > 50 dB) ab 1, 2 und 3 kHz geringe Korrelationen. Folglich wurden der Beginn des Hochtonabfalls ab 1, 2 und 3 kHz, definiert durch Hörverluste > 30, > 40 und > 50 dB, mit dem Einsilberverstehen für 60 und 80 dB getestet. Dabei zeigen die zugehörigen Korrelationen mit  $p \leq 0,01$  einen hoch signifikanten Unterschied (Tabelle 20).

**Tabelle 20:** Korrelationen nach Spearman ( $r_s$ ) zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust = HV > 30, > 40, > 50 dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberverstehen (ESV) bei 60 und 80 dB jeweils für rechte und linke Ohren.

Ohren	Anzahl	ESV	HV	Korrelation	p- Wert
rechts	n = 79	60 dB	> 30 dB	0,762	$p \leq 0,01$
		80 dB	> 30 dB	0,583	$p \leq 0,01$
links	n = 81	60 dB	> 30 dB	0,557	$p \leq 0,01$
		80 dB	> 30 dB	0,575	$p \leq 0,01$
rechts	n = 69	60 dB	> 40 dB	0,693	$p \leq 0,01$
		80 dB	> 40 dB	0,489	$p \leq 0,01$
links	n = 71	60 dB	> 40 dB	0,656	$p \leq 0,01$
		80 dB	> 40 dB	0,625	$p \leq 0,01$
rechts	n = 52	60 dB	> 50 dB	0,682	$p \leq 0,01$
		80 dB	> 50 dB	0,548	$p \leq 0,01$
links	n = 55	60 dB	> 50 dB	0,611	$p \leq 0,01$
		80 dB	> 50 dB	0,569	$p \leq 0,01$

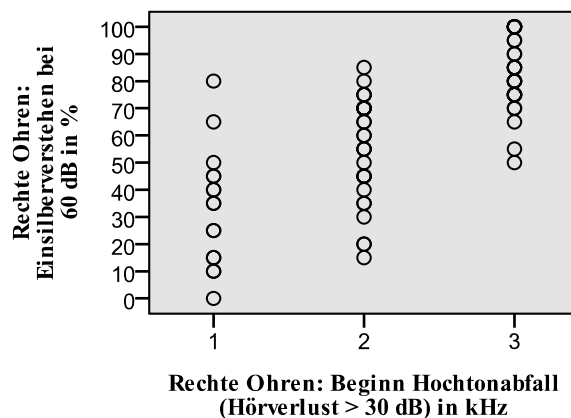
Generell wurden die Ergebnisse von Substudie 3 wie folgt dargestellt. Bei einer Einsilberkombination, die sowohl den größten Kendall-tau-b als auch die größte Gesamtprozentzahl (von links oben nach rechts unten) präsentierte wurde diese Kreuztabelle in ihrer Besetzung noch einmal explizit gezeigt. In den Fällen, wo der höchste Kendall-tau-b und die größte Gesamtprozentzahl der

zu erwartenden Besetzungen nicht in einer Einsilberkombination übereinstimmten, wurden beide Varianten in Form einer jeweiligen Kreuztabelle veranschaulicht.

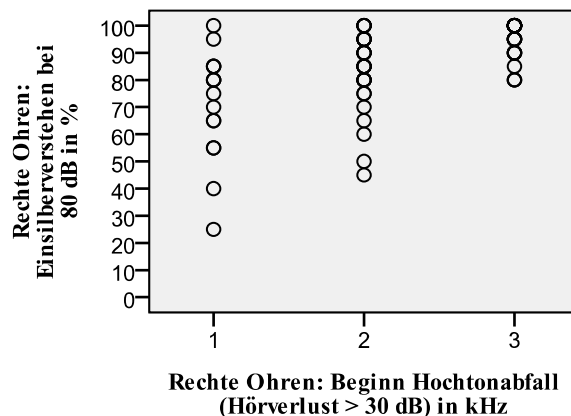
In beiden genannten Fällen wurden zusätzlich die jeweiligen Zeilenprozent angegeben.

### 3.3.1 Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 30, > 40, > 50 dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberverstehen bei 60 und 80 dB

#### 3.3.1.1 Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 30 dB): Rechte Ohren



**Abb. 57: Rechte Ohren (n = 79):** Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 30 dB) ab 1, 2 oder 3 kHz und dem Einsilberverstehen bei 60 dB in %.



**Abb. 58: Rechte Ohren (n = 79):** Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 30 dB) ab 1, 2 oder 3 kHz und dem Einsilberverstehen bei 80 dB in %.

Die Beziehung der 79 rechten Ohren, die an einem Hörverlust > 30 dB ab 1, 2 oder 3 kHz litten, in Verbindung mit dem Einsilberverstehen bei 60 (Abb. 57) bzw. bei 80 dB (Abb. 58) stellte sich wie folgt dar. Es zeigte sich, dass die rechten Ohren mit einem Beginn des Hochtonabfalls bei 1 kHz ein Einsilberverstehen bei 60 dB von 0 bis 80% aufwiesen. Bei Beginn des Hochtonabfalls ab

2 kHz präsentierte sich das Einsilberverstehen bei 60 dB von 15 bis 85% und bei einem Hochtonabfall ab 3 kHz zwischen 50 und 100% (Abb. 57).

Das Einsilberverstehen bei 80 dB ergab bei einem Hochtonabfall ab 1 kHz eine Spanne von 25 bis 100%, bei einem Hochtonabfall ab 2 kHz ein Intervall von 45 bis 100% und bei einem Hochtonabfall ab 3 kHz Werte von 80 bis 100% (Abb. 58).

Auf der Grundlage dieser Einsilberspannen entstanden empirisch mehrere mögliche Beziehungen zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 30 dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberverstehen bei 60 (Tabelle 21) sowie bei 80 dB (Tabelle 22).

**Tabelle 21: Rechte Ohren (n = 79):** Einteilungsmöglichkeiten des Einsilberverstehens bei 60 dB (in %) aus dem Sprachaudiogramm in Zusammenhang mit dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 30 dB) ab 1, 2 und 3 kHz im Tonaudiogramm. Zusätzlich basierend auf dem zugehörigen Kendall-tau-b ( $\tau_b$ ) Wert und der Gesamtprozentzahl der zu erwartenden Besetzung der Felder.

Beginn Hochtonabfall (HV > 30 dB) ab			Kendall- tau-b ( $\tau_b$ )	Gesamt	Beginn Hochtonabfall (HV > 30 dB) ab			Kendall- tau-b ( $\tau_b$ )	Gesamt
1 kHz	2 kHz	3 kHz			1 kHz	2 kHz	3 kHz		
Einsilberverstehen bei 60 dB					Einsilberverstehen bei 60 dB				
< 15%	15-75%	> 75%	0,59	67,1%	< 45%	45-75%	> 75%	0,65	68,4%
< 15%	15-70%	> 70%	0,67	70,9%	< 45%	45-70%	> 70%	0,70	72,2%
< 15%	15-65%	> 65%	0,65	64,6%	< 45%	45-65%	> 65%	0,65	65,8%
< 30%	30-75%	> 75%	0,62	68,4%	< 50%	50-75%	> 75%	0,67	65,8%
< 30%	30-70%	> 70%	0,68	72,2%	< 50%	50-70%	> 70%	0,70	69,6%
< 30%	30-65%	> 65%	0,64	65,8%	< 50%	50-65%	> 65%	0,65	63,3%
< 40%	40-75%	> 75%	0,63	67,1%	< 55%	55-75%	> 75%	0,68	65,8%
< 40%	40-70%	> 70%	0,68	70,9%	< 55%	55-70%	> 70%	0,69	69,6%
< 40%	40-65%	> 65%	0,64	64,6%	< 55%	55-65%	> 65%	0,65	63,3%

**Tabelle 22: Rechte Ohren (n = 79):** Einteilungsmöglichkeiten des Einsilberverstehens bei 80 dB (in %) aus dem Sprachaudiogramm in Zusammenhang mit dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 30 dB) ab 1, 2 und 3 kHz im Tonaudiogramm. Zusätzlich basierend auf dem zugehörigen Kendall-tau-b ( $\tau_b$ ) Wert und der Gesamtprozentzahl der zu erwartenden Besetzung der Felder.

Beginn Hochtonabfall (HV > 30 dB) ab			Kendall- tau-b ( $\tau_b$ )	Gesamt	Beginn Hochtonabfall (HV > 30 dB) ab			Kendall- tau-b ( $\tau_b$ )	Gesamt
1 kHz	2 kHz	3 kHz			1 kHz	2 kHz	3 kHz		
Einsilberverstehen bei 80 dB					Einsilberverstehen bei 80 dB				
< 45%	45-90%	> 90%	0,47	58,2%	< 75%	75-90%	> 90%	0,50	58,2%
< 45%	45-85%	> 85%	0,562	59,5%	< 75%	75-85%	> 85%	0,558	59,5%
< 45%	45-80%	> 80%	0,46	54,4%	< 75%	75-80%	> 80%	0,46	54,4%
< 60%	60-90%	> 90%	0,48	58,2%	< 80%	80-90%	> 90%	0,50	57,0%
< 60%	60-85%	> 85%	0,556	59,5%	< 80%	80-85%	> 85%	0,56	58,2%
< 60%	60-80%	> 80%	0,46	54,4%					
< 70%	70-90%	> 90%	0,49	58,2%					
< 70%	70-85%	> 85%	0,556	59,5%					
< 70%	70-80%	> 80%	0,46	54,4%					



In Tabelle 21 demonstriert das Einsilberverstehen bei 60 dB zwei unterschiedliche Einteilungsformen (< 30%, 30-70%, > 70% und < 45%, 45-70%, > 70%) mit insgesamt 72,2% der zu erwartenden Besetzung auf der gewünschten Diagonalen. Dabei zeigt die Einsilbergruppierung < 30%, 30-70%, > 70% einen Kendall-tau-b von 0,68 und die Einsilbereinteilung < 45%, 45-70%, > 70% einen Kendall-tau-b von 0,70. Denselben Wert präsentiert die Einsilbergruppe < 50%, 50-70%, > 70% mit einer Gesamtprozentzahl von 69,6%.

In Tabelle 22 präsentiert sich das Einsilberverstehen bei 80 dB mit der Einteilung < 45%, 45-85% und > 85% und einer Gesamtprozentzahl von 59,5%. Diese Prozentzahl demonstrierte die folgenden Einsilberkombinationen: < 60%, 60-85%, > 85% ( $\tau_b = 0,556$ ); < 70%, 70-85%, > 85% ( $\tau_b = 0,556$ ) und < 75%, 75-85%, > 85% ( $\tau_b = 0,558$ ). Dabei legte die oben beschriebene Einsilbereinteilung (< 45%, 45-85% und > 85%) einen Kendall-tau-b von 0,562 dar.

Die anschließenden Tabellen (23 und 24) sollen die absolute Besetzung der einzelnen Parzellen inklusive Zeilenprozenten und dem prozentualen Anteil der Gesamtanzahlen darstellen. Dabei ist die Diagonale von links oben nach rechts unten von Interesse, welche die Gesamtprozentzahl der zu erwartenden Besetzung visualisiert.

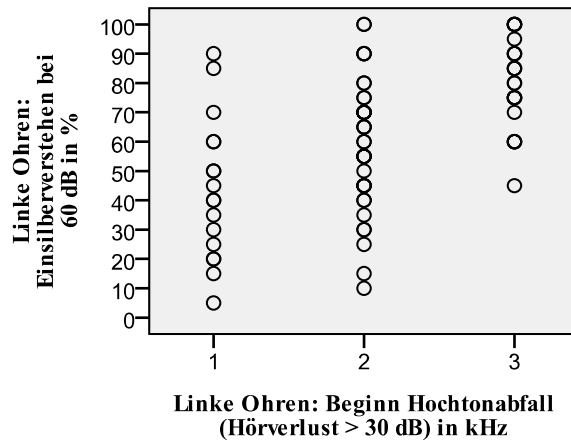
**Tabelle 23: Rechte Ohren (n = 79):** Darstellung der einzelnen Felder in Folge der Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 30 dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberverstehen bei 60 dB mit der Einteilung < 45%, 45 bis 70% und > 70%. Diese Kombination liefert eine Gesamtprozentzahl von 72,2%, welche die zu erwartende Besetzung der Felder demonstriert.

Rechte Ohren (n = 79)		Einsilberverstehen (ESV) bei 60 dB			Gesamt	
		< 45%	45 bis 70%	> 70%		
Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 30 dB) ab	1 kHz	Anzahl	11	4	1	16
		Zeilenprozent	68,7%	25,0%	6,3%	100,0%
		Gesamtprozent	13,9%	5,1%	1,3%	20,3%
	2 kHz	Anzahl	7	19	5	31
		Zeilenprozent	22,6%	61,3%	16,1%	100,0%
		Gesamtprozent	8,9%	24,1%	6,3%	39,2%
	3 kHz	Anzahl	0	5	27	32
		Zeilenprozent	0,0%	15,6%	84,4%	100,0%
		Gesamtprozent	0,0%	6,3%	34,2%	40,5%
Gesamt	Anzahl	18	28	33	79	
	Gesamtprozent	22,8%	35,4%	41,8%	100,0%	

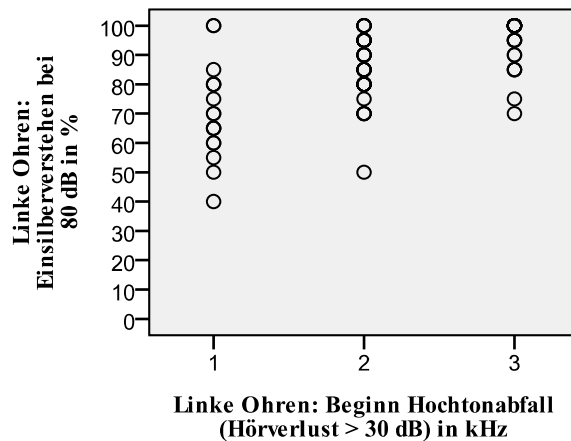
**Tabelle 24: Rechte Ohren (n = 79):** Darstellung der einzelnen Felder in Folge der Beziehung zwischen dem Beginn des Hochttonabfalls (Hörverlust > 30 dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberversprechen bei 80 dB mit der Einteilung < 45%, 45 bis 85% und > 85%. Diese Kombination liefert eine Gesamtprozentzahl von 59,5%, welche die zu erwartende Besetzung der Felder demonstriert.

Rechte Ohren (n = 79)		Einsilberversprechen (ESV) bei 80 dB			Gesamt	
		< 45%	45 bis 85%	> 85%		
Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 30 dB) ab	1 kHz	Anzahl	2	12	2	16
		Zeilenprozent	12,5%	75,0%	12,5%	100,0%
		Gesamtprozent	2,5%	15,2%	2,5%	20,3%
	2 kHz	Anzahl	0	17	14	31
		Zeilenprozent	0,0%	54,8%	45,2%	100,0%
		Gesamtprozent	0,0%	21,5%	17,7%	39,2%
	3 kHz	Anzahl	0	4	28	32
		Zeilenprozent	0,0%	12,5%	87,5%	100,0%
		Gesamtprozent	0,0%	5,1%	35,4%	40,5%
Gesamt	Anzahl	2	33	44	79	
	Gesamtprozent	2,5%	41,8%	55,7%	100,0%	

### 3.3.1.2 Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 30 dB): Linke Ohren



**Abb. 59: Linke Ohren (n = 81):** Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 30 dB) ab 1, 2 oder 3 kHz und dem Einsilberverstehen bei 60 dB in %.



**Abb. 60: Linke Ohren (n = 81):** Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 30 dB) ab 1, 2 oder 3 kHz und dem Einsilberverstehen bei 80 dB in %.

Die Beziehungen zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 30 dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberverstehen bei 60 bzw. 80 dB der 81 linken Ohren demonstrieren Abb. 59 und Abb. 60. Hierbei zeigt die Grafik (Abb. 59), dass bei einem Beginn des Hochtonabfalls ab 1 kHz die Messwerte des Einsilberverstehens bei 60 dB zwischen 5 und 90% lagen. Bei einem Hochtonabfall ab 2 kHz erstreckte sich das Einsilberverstehen bei 60 dB von 10 bis 100% und bei einem Hochtonabfall ab 3 kHz zeichnete es sich im Intervall von 45 bis 100% ab.

Das Einsilberverstehen bei 80 dB (Abb. 60) stellte in Bezug auf einen Hochtonabfall ab 1 kHz eine Spanne von 40 bis 100% dar, ab 2 kHz ein Intervall von 50 bis 100% und ab 3 kHz Werte zwischen 70 und 100%.

Auf der Grundlage dieser Einsilberspannen entstanden empirisch mehrere mögliche Beziehungen zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 30 dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberversuchen bei 60 (Tabelle 25) sowie bei 80 dB (Tabelle 26).

**Tabelle 25: Linke Ohren (n = 81):** Einteilungsmöglichkeiten des Einsilberversehens bei 60 dB (in %) aus dem Sprachaudiogramm in Zusammenhang mit dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 30 dB) ab 1, 2 und 3 kHz im Tonaudiogramm. Zusätzlich basierend auf dem zugehörigen Kendall-tau-b ( $\tau_b$ ) Wert und der Gesamtprozentzahl der zu erwartenden Besetzung der Felder.

Beginn Hochtonabfall (HV > 30 dB) ab			Kendall- tau-b ( $\tau_b$ )	Gesamt	Beginn Hochtonabfall (HV > 30 dB) ab			Kendall- tau-b ( $\tau_b$ )	Gesamt
1 kHz	2 kHz	3 kHz			1 kHz	2 kHz	3 kHz		
Einsilberversehen bei 60 dB					Einsilberversehen bei 60 dB				
< 10%	10-75%	> 75%	0,38	58,0%	< 40%	40-75%	> 75%	0,44	58,0%
< 10%	10-70%	> 70%	0,49	61,7%	< 40%	40-70%	> 70%	0,52	61,7%
< 10%	10-65%	> 65%	0,45	55,6%	< 40%	40-65%	> 65%	0,47	55,6%
< 20%	20-75%	> 75%	0,38	56,8%	< 45%	45-75%	> 75%	0,47	58,0%
< 20%	20-70%	> 70%	0,49	60,5%	< 45%	45-70%	> 70%	0,54	61,7%
< 20%	20-65%	> 65%	0,44	54,3%	< 45%	45-65%	> 65%	0,48	55,6%
< 25%	25-75%	> 75%	0,42	59,3%	< 50%	50-75%	> 75%	0,44	53,1%
< 25%	25-70%	> 70%	0,51	63,0%	< 50%	50-70%	> 70%	0,50	56,8%
< 25%	25-65%	> 65%	0,46	56,8%	< 50%	50-65%	> 65%	0,45	50,6%
< 30%	30-75%	> 75%	0,43	59,3%	< 55%	55-75%	> 75%	0,48	54,3%
< 30%	30-70%	> 70%	0,52	63,0%	< 55%	55-70%	> 70%	0,53	58,0%
< 30%	30-65%	> 65%	0,47	56,8%	< 55%	55-65%	> 65%	0,48	51,9%
< 35%	35-75%	> 75%	0,43	58,0%	< 65%	65-75%	> 75%	0,43	48,1%
< 35%	35-70%	> 70%	0,51	61,7%	< 65%	65-70%	> 70%	0,47	51,9%
< 35%	35-65%	> 65%	0,46	55,6%					

**Tabelle 26: Linke Ohren (n = 81):** Einteilungsmöglichkeiten des Einsilberversehens bei 80 dB (in %) aus dem Sprachaudiogramm in Zusammenhang mit dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 30 dB) ab 1, 2 und 3 kHz im Tonaudiogramm. Zusätzlich basierend auf dem zugehörigen Kendall-tau-b ( $\tau_b$ ) Wert und der Gesamtprozentzahl der zu erwartenden Besetzung der Felder.

Beginn Hochtonabfall (HV > 30 dB) ab			Kendall- tau-b ( $\tau_b$ )	Gesamt	Beginn Hochtonabfall (HV > 30 dB) ab			Kendall- tau-b ( $\tau_b$ )	Gesamt
1 kHz	2 kHz	3 kHz			1 kHz	2 kHz	3 kHz		
Einsilberversehen bei 80 dB					Einsilberversehen bei 80 dB				
< 65%	65-95%	> 95%	0,46	64,2%	< 75%	75-95%	> 95%	0,49	65,4%
< 65%	65-90%	> 90%	0,47	58,2%	< 75%	75-90%	> 90%	0,49	59,3%
< 65%	65-85%	> 85%	0,49	54,3%	< 75%	75-85%	> 85%	0,49	55,6%
< 65%	65-80%	> 80%	0,52	50,6%	< 75%	75-80%	> 80%	0,51	51,9%
< 70%	70-95%	> 95%	0,52	67,9%	< 80%	80-95%	> 95%	0,48	65,4%
< 70%	70-90%	> 90%	0,51	61,7%	< 80%	80-90%	> 90%	0,47	59,3%
< 70%	70-85%	> 85%	0,52	58,0%	< 80%	80-85%	> 85%	0,48	55,6%
< 70%	70-80%	> 80%	0,54	54,3%					

So stellte die Einsilbereinteilung für 60 dB in < 25%, 25-70%, > 70% ( $\tau_b = 0,51$ ) und < 30%, 30-70%, > 70% ( $\tau_b = 0,52$ ) die Gesamtprozentzahl von 63,0% dar. Dabei erscheint die Einsilber-

kombination bei 60 dB in < 45%, 45-70% und > 70% mit einem Kendall-tau-b Wert von 0,54 und einer Gesamtprozentzahl von 61,7% (Tabelle 25).

Die Einsilberverteilung für 80 dB in < 70%, 70-95% und > 95% liefert eine Gesamtprozentzahl von 67,9% und einen Kendall-tau-b von 0,52. Bei der Einsilbereinteilung für 80 dB in < 70%, 70-80% und > 80% und dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 30 dB) ab 1, 2 oder 3 kHz resultiert eine Gesamtprozentzahl 54,3% mit einem Kendall-tau-b von 0,54 (Tabelle 26).

Die nachfolgenden Tabellen (27 bis 30) veranschaulichen sowohl die absolute Besetzung der einzelnen Zellen als auch die Zeilenprozente und das Zustandekommen der Gesamtprozentzahlen.

**Tabelle 27: Linke Ohren (n = 81):** Darstellung der einzelnen Felder in Folge der Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 30 dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilbervverstehen bei 60 dB mit der Einteilung < 30%, 30 bis 70% und > 70%. Diese Kombination liefert eine Gesamtprozentzahl von 63,0%, welche die zu erwartende Besetzung der Felder demonstriert.

Linke Ohren (n = 81)			Einsilbervverstehen (ESV) bei 60 dB			Gesamt
			< 30%	30 bis 70%	> 70%	
Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 30 dB) ab	1 kHz	Anzahl	5	10	2	17
		Zeilenprozent	29,4%	58,8%	11,8%	100,0%
		Gesamtprozent	6,2%	12,3%	2,5%	21,0%
	2 kHz	Anzahl	3	27	9	39
		Zeilenprozent	7,7%	69,2%	23,1%	100,0%
		Gesamtprozent	3,7%	33,3%	11,1%	48,1%
	3 kHz	Anzahl	0	6	19	25
		Zeilenprozent	0,0%	24,0%	76,0%	100,0%
		Gesamtprozent	0,0%	7,4%	23,5%	30,9%
Gesamt		Anzahl	8	43	30	81
		Gesamtprozent	9,9%	53,1%	37,0%	100,0%

**Tabelle 28: Linke Ohren (n = 81):** Darstellung der einzelnen Felder in Folge der Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 30 dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilbervverstehen bei 60 dB mit der Einteilung < 45%, 45 bis 70% und > 70%. Diese Kombination liefert eine Gesamtprozentzahl von 61,7%, welche die zu erwartende Besetzung der Felder demonstriert.

Linke Ohren (n = 81)			Einsilbervverstehen (ESV) bei 60 dB			Gesamt
			< 45%	45 bis 70%	> 70%	
Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 30 dB) ab	1 kHz	Anzahl	9	6	2	17
		Zeilenprozent	52,9%	35,3%	11,8%	100,0%
		Gesamtprozent	11,1%	7,4%	2,5%	21,0%
	2 kHz	Anzahl	8	22	9	39
		Zeilenprozent	20,5%	56,4%	23,1%	100,0%
		Gesamtprozent	9,9%	27,2%	11,1%	48,1%
	3 kHz	Anzahl	0	6	19	25
		Zeilenprozent	0,0%	24,0%	76,0%	100,0%
		Gesamtprozent	0,0%	7,4%	23,5%	30,9%
Gesamt	Anzahl	17	34	30	81	
	Gesamtprozent	21,0%	42,0%	37,0%	100,0%	

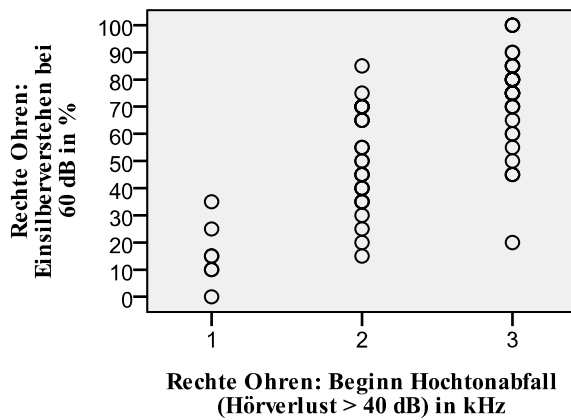
**Tabelle 29: Linke Ohren (n = 81):** Darstellung der einzelnen Felder in Folge der Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 30 dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberversuchen bei 80 dB mit der Einteilung < 70%, 70 bis 95% und > 95%. Diese Kombination liefert eine Gesamtprozentzahl von 67,9%, welche die zu erwartende Besetzung der Felder demonstriert.

Linke Ohren (n = 81)		Einsilberversuchen (ESV) bei 80 dB			Gesamt	
		< 70%	70 bis 95%	> 95%		
Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 30 dB) ab	1 kHz	Anzahl	8	7	2	17
		Zeilenprozent	47,1%	41,2%	11,8%	100,0%
		Gesamtprozent	9,9%	8,6%	2,5%	21,0%
	2 kHz	Anzahl	1	33	5	39
		Zeilenprozent	2,6%	84,6%	12,8%	100,0%
		Gesamtprozent	1,2%	40,7%	6,2%	48,1%
	3 kHz	Anzahl	0	11	14	25
		Zeilenprozent	0,0%	44,0%	56,0%	100,0%
		Gesamtprozent	0,0%	13,6%	17,3%	30,9%
Gesamt	Anzahl	9	51	21	81	
	Gesamtprozent	11,1%	63,0%	25,9%	100,0%	

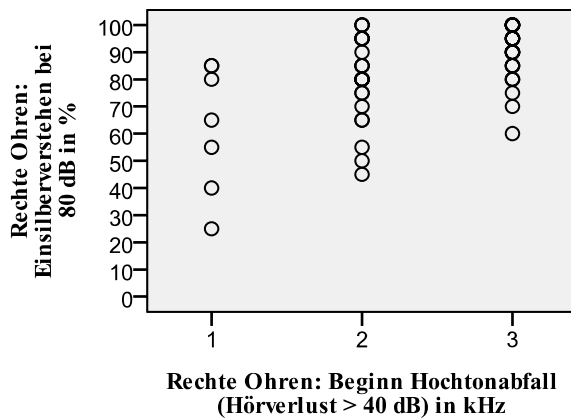
**Tabelle 30: Linke Ohren (n = 81):** Darstellung der einzelnen Felder in Folge der Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 30 dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberversuchen bei 80 dB mit der Einteilung < 70%, 70 bis 80% und > 80%. Diese Kombination liefert eine Gesamtprozentzahl von 54,3%, welche die zu erwartende Besetzung der Felder demonstriert.

Linke Ohren (n = 81)			Einsilberversuchen (ESV) bei 80 dB			Gesamt
			< 70%	70 bis 80%	> 80%	
Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 30 dB) ab	1 kHz	Anzahl	8	6	3	17
		Zeilenprozent	47,0%	35,3%	17,6%	100,0%
		Gesamtprozent	9,9%	7,4%	3,7%	21,0%
	2 kHz	Anzahl	1	13	25	39
		Zeilenprozent	2,6%	33,3%	64,1%	100,0%
		Gesamtprozent	1,2%	16,0%	30,9%	48,1%
	3 kHz	Anzahl	0	2	23	25
		Zeilenprozent	0,0%	8,0%	92,0%	100,0%
		Gesamtprozent	0,0%	2,5%	28,4%	30,9%
Gesamt		Anzahl	9	21	51	81
		Gesamtprozent	11,1%	25,9%	63,0%	100,0%

### 3.3.1.3 Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 40 dB): Rechte Ohren



**Abb. 61: Rechte Ohren (n = 69):** Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) ab 1, 2 oder 3 kHz und dem Einsilberverstehen bei 60 dB in %.



**Abb. 62: Rechte Ohren (n = 69):** Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) ab 1, 2 oder 3 kHz und dem Einsilberverstehen bei 80 dB in %.

Die Beziehungen der 69 rechten Ohren mit einem Hörverlust > 40 dB ab 1, 2 oder 3 kHz und dem Einsilberverstehen bei 60 und bei 80 dB werden in Abb. 61 und Abb. 62 verdeutlicht.

Im Falle eines Hochtonabfalls ab 1 kHz zeigte sich das Einsilberverstehen für 60 dB in einer Begrenzung von 0 bis 35%. Bei einem Hochtonabfall ab 2 kHz belief sich das Einsilberverstehen für 60 dB auf 15 bis 85% und bei einem Hochtonabfall ab 3 kHz verteilten sich die Werte des Einsilberverstehens bei 60 dB auf 20 bis 100% (Abb. 61).

Das Einsilberverstehen der rechten Ohren bei 80 dB in Zusammenhang mit dem Beginn des Hochtonabfalls ab 1 kHz demonstrierte eine Verteilung von 25 bis 85%. Der Beginn des Hochtonabfalls ab 2 kHz brachte eine Klassifizierung des Einsilberverstehens für 80 dB von 45 bis 100% mit sich. Ab einem Beginn des Hochtonabfalls ab 3 kHz präsentierte sich das Einsilberverstehen bei 80 dB mit 60 bis 100% (Abb. 62).

Auf der Basis dieser gefundenen Einsilberspannen entstanden empirisch Beziehungen zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberverstehen bei 60 (Tabelle 31) oder bei 80 dB (Tabelle 32).

**Tabelle 31: Rechte Ohren (n = 69):** Einteilungsmöglichkeiten des Einsilberverstehens bei 60 dB (in %) aus dem Sprachaudiogramm in Zusammenhang mit dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) ab 1, 2 und 3 kHz im Tonaudiogramm. Zusätzlich basierend auf dem zugehörigen Kendall-tau-b ( $\tau_b$ ) Wert und der Gesamtprozentzahl der zu erwartenden Besetzung der Felder.

Beginn Hochtonabfall (HV > 40 dB) ab			Kendall- tau-b ( $\tau_b$ )	Gesamt	Beginn Hochtonabfall (HV > 40 dB) ab			Kendall- tau-b ( $\tau_b$ )	Gesamt
1 kHz	2 kHz	3 kHz			1 kHz	2 kHz	3 kHz		
Einsilberverstehen bei 60 dB					Einsilberverstehen bei 60 dB				
< 15%	15-75%	> 75%	0,55	65,2%	< 30%	30-75%	> 75%	0,59	65,2%
< 15%	15-70%	> 70%	0,65	73,9%	< 30%	30-70%	> 70%	0,66	73,9%
< 15%	15-65%	> 65%	0,58	71,0%	< 30%	30-65%	> 65%	0,60	71,0%
< 15%	15-55%	> 55%	0,59	71,0%	< 30%	30-55%	> 55%	0,59	71,0%
< 15%	15-50%	> 50%	0,58	69,6%	< 30%	30-50%	> 50%	0,58	69,6%
< 20%	20-75%	> 75%	0,60	66,7%	< 40%	40-75%	> 75%	0,63	60,9%
< 20%	20-70%	> 70%	0,68	75,4%	< 40%	40-70%	> 70%	0,68	69,6%
< 20%	20-65%	> 65%	0,61	72,5%	< 40%	40-65%	> 65%	0,61	66,7%
< 20%	20-55%	> 55%	0,61	72,5%	< 40%	40-55%	> 55%	0,60	66,7%
< 20%	20-50%	> 50%	0,59	71,0%	< 40%	40-50%	> 50%	0,59	65,2%

**Tabelle 32: Rechte Ohren (n = 69):** Einteilungsmöglichkeiten des Einsilberverstehens bei 80 dB (in %) aus dem Sprachaudiogramm in Zusammenhang mit dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) ab 1, 2 und 3 kHz im Tonaudiogramm. Zusätzlich basierend auf dem zugehörigen Kendall-tau-b ( $\tau_b$ ) Wert und der Gesamtprozentzahl der zu erwartenden Besetzung der Felder.

Beginn Hochtonabfall (HV > 40 dB) ab			Kendall- tau-b ( $\tau_b$ )	Gesamt	Beginn Hochtonabfall (HV > 40 dB) ab			Kendall- tau-b ( $\tau_b$ )	Gesamt
1 kHz	2 kHz	3 kHz			1 kHz	2 kHz	3 kHz		
Einsilberverstehen bei 80 dB					Einsilberverstehen bei 80 dB				
< 40%	40-90%	> 90%	0,36	55,1%	< 60%	60-90%	> 90%	0,39	53,6%
< 40%	40-85%	> 85%	0,48	63,8%	< 60%	60-85%	> 85%	0,50	62,3%
< 40%	40-80%	> 80%	0,44	65,2%	< 60%	60-80%	> 80%	0,45	63,8%
< 40%	40-75%	> 75%	0,36	60,0%	< 60%	60-75%	> 75%	0,37	58,0%
< 45%	45-90%	> 90%	0,36	56,5%	< 70%	70-90%	> 90%	0,39	52,2%
< 45%	45-85%	> 85%	0,50	65,2%	< 70%	70-85%	> 85%	0,50	60,9%
< 45%	45-80%	> 80%	0,45	66,7%	< 70%	70-80%	> 80%	0,45	62,3%
< 45%	45-75%	> 75%	0,37	60,9%	< 70%	70-75%	> 75%	0,37	56,5%

In Tabelle 31 demonstriert das Einsilberverstehen für 60 dB mitunter zwei unterschiedliche Einteilungsformen (< 20%, 20-70%, > 70% und < 40%, 40-70%, > 70%) mit jeweils demselben Kendall-tau-b Wert von 0,68. Besagte Einteilung < 20%, 20-70%, > 70% liefert eine Gesamtprozentzahl von 75,4% der rechten Ohren, die auf der Diagonalen richtig zugeordnet werden konnten. Die Einteilung < 40%, 40-70%, > 70% brachte eine Gesamtprozentanzahl von 69,6% hervor.



In Tabelle 32 präsentiert sich bei einem Hochtonabfall (Hörverlust > 40 dB) ab 1, 2 oder 3 kHz die Einsilberkombination für 80 dB bei < 45%, 45-80% und > 80% mit 66,7% der rechten Ohren, die auf der Diagonalen richtig zugeordnet werden konnten. Dies legte einen Kendall-tau-b von 0,45 dar. Die Einsilberzusammenstellung < 60%, 60-85% und > 85% zeigte eine Gesamtprozentzahl von 62,3% und einen Kendall-tau-b von 0,50.

Die nachfolgenden Tabellen (33 bis 35) veranschaulichen die absolute Besetzung der einzelnen Zellen wie auch die Zeilenprocente und das Zustandekommen der Gesamtprozentzahlen.

**Tabelle 33: Rechte Ohren (n = 69):** Darstellung der einzelnen Felder in Folge der Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberverstehen bei 60 dB mit der Einteilung < 20%, 20 bis 70% und > 70%. Diese Kombination liefert eine Gesamtprozentzahl von 75,4%, welche die zu erwartende Besetzung der Felder demonstriert.

Rechte Ohren (n = 69)			Einsilberverstehen (ESV) bei 60 dB			Gesamt
			< 20%	20 bis 70%	> 70%	
Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 40 dB) ab	1 kHz	Anzahl	5	2	0	7
		Zeilenprozent	71,4%	28,6%	0,0%	100,0%
		Gesamtprozent	7,2%	2,9%	0,0%	10,1%
	2 kHz	Anzahl	1	24	2	27
		Zeilenprozent	3,7%	88,9%	7,4%	100,0%
		Gesamtprozent	1,4%	34,8%	2,9%	39,1%
	3 kHz	Anzahl	0	12	23	35
		Zeilenprozent	0,0%	34,3%	65,7%	100,0%
		Gesamtprozent	0,0%	17,4%	33,3%	50,7%
Gesamt	Anzahl	6	38	25	69	
	Gesamtprozent	8,7%	55,1%	36,2%	100,0%	

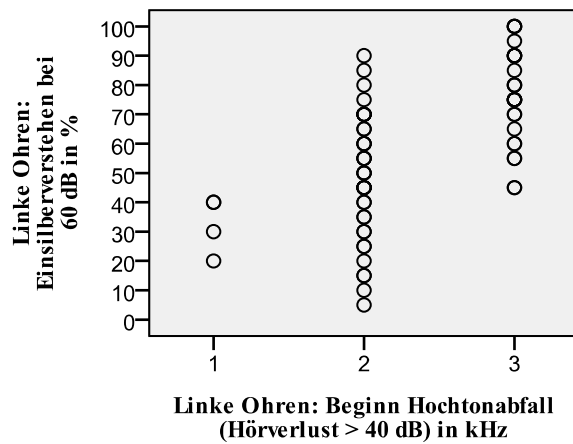
**Tabelle 34: Rechte Ohren (n = 69):** Darstellung der einzelnen Felder in Folge der Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberverstehen bei 80 dB mit der Einteilung < 45%, 45 bis 80% und > 80%. Diese Kombination liefert eine Gesamtprozentzahl von 66,7%, welche die zu erwartende Besetzung der Felder demonstriert.

Rechte Ohren (n = 69)		Einsilberverstehen (ESV) bei 80 dB			Gesamt	
		< 45%	45 bis 80%	> 80%		
Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 40 dB) ab	1 kHz	Anzahl	2	3	2	7
		Zeilenprozent	28,6%	42,9%	28,6%	100,0%
		Gesamtprozent	2,9%	4,3%	2,9%	10,1%
	2 kHz	Anzahl	0	15	12	27
		Zeilenprozent	0,0%	55,6%	44,4%	100,0%
		Gesamtprozent	0,0%	21,7%	17,4%	39,1%
	3 kHz	Anzahl	0	6	29	35
		Zeilenprozent	0,0%	17,1%	82,9%	100,0%
		Gesamtprozent	0,0%	8,7%	42,0%	50,7%
Gesamt	Anzahl	2	24	43	69	
	Gesamtprozent	2,9%	34,8%	62,3%	100,0%	

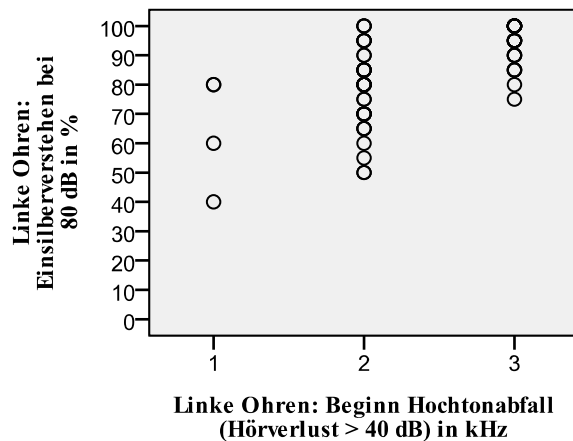
**Tabelle 35: Rechte Ohren (n = 69):** Darstellung der einzelnen Felder in Folge der Beziehung zwischen dem Beginn des Hochttonabfalls (Hörverlust > 40 dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberverstehen bei 80 dB mit der Einteilung < 60%, 60 bis 85% und > 85%. Diese Kombination liefert eine Gesamtprozentzahl von 62,3%, welche die zu erwartende Besetzung der Felder demonstriert.

Rechte Ohren (n = 69)		Einsilberverstehen (ESV) bei 80 dB			Gesamt	
		< 60%	60 bis 85%	> 85%		
Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 40 dB) ab	1 kHz	Anzahl	3	4	0	7
		Zeilenprozent	42,9%	57,1%	0,0%	100,0%
		Gesamtprozent	4,3%	5,8%	0,0%	10,1%
	2 kHz	Anzahl	3	15	9	27
		Zeilenprozent	11,1%	55,6%	33,3%	100,0%
		Gesamtprozent	4,3%	21,7%	13,0%	39,1%
	3 kHz	Anzahl	0	10	25	35
		Zeilenprozent	0,0%	28,6%	71,4%	100,0%
		Gesamtprozent	0,0%	14,5%	36,2%	50,7%
Gesamt	Anzahl	6	29	34	69	
	Gesamtprozent	8,7%	42,0%	49,3%	100,0%	

### 3.3.1.4 Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 40 dB): Linke Ohren



**Abb. 63: Linke Ohren (n = 71):** Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) ab 1, 2 oder 3 kHz und dem Einsilberverstehen bei 60 dB in %.



**Abb. 64: Linke Ohren (n = 71):** Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) ab 1, 2 oder 3 kHz und dem Einsilberverstehen bei 80 dB in %.

Das Verhältnis der 71 linken Ohren zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) ab 1, 2 oder 3 kHz und dem Einsilberverstehen bei 60 (Abb. 63) bzw. bei 80 dB (Abb. 64) stellte sich folgendermaßen dar.

Bei einem Hochtonabfall ab 1 kHz erschien das Einsilberverstehen für 60 dB von 20 bis 40%. Im Fall eines Hochtonabfalls ab 2 kHz bildete sich das Einsilberverstehen für 60 dB von 5 bis 90% ab und bei einem Hochtonabfall ab 3 kHz befand sich das Einsilberverstehen für 60 dB bei 45 bis 100% (Abb. 63).

Der Beginn des Hochtonabfalls ab 1 kHz in Kombination mit dem Einsilberverstehen bei 80 dB stellte sich mit einem Intervall von 40 bis 80% dar. Bei einem Hochtonabfall ab 2 kHz spiegelte sich das Einsilberverstehen bei 80 dB mit 50 bis 100% wider. Ab 3 kHz gab das Einsilberverstehen bei 80 dB eine Spanne von 75 bis 100% an (Abb. 64).

Auf der Grundlage dieser Einsilberspannen entstanden auf empirischer Basis mehrere mögliche Beziehungen zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberverstehen bei 60 (Tabelle 36) oder bei 80 dB (Tabelle 37).

**Tabelle 36: Linke Ohren (n = 71):** Einteilungsmöglichkeiten des Einsilberverstehens bei 60 dB (in %) aus dem Sprachaudiogramm in Zusammenhang mit dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) ab 1, 2 und 3 kHz im Tonaudiogramm. Zusätzlich basierend auf dem zugehörigen Kendall-tau-b ( $\tau_b$ ) Wert und der Gesamtprozentzahl der zu erwartenden Besetzung der Felder.

Beginn Hochtonabfall (HV > 40 dB) ab			Kendall- tau-b ( $\tau_b$ )	Gesamt	Beginn Hochtonabfall (HV > 40 dB) ab			Kendall- tau-b ( $\tau_b$ )	Gesamt
1 kHz	2 kHz	3 kHz			1 kHz	2 kHz	3 kHz		
Einsilberverstehen bei 60 dB					Einsilberverstehen bei 60 dB				
< 5%	5-75%	> 75%	0,46	69,0%	< 35%	35-75%	> 75%	0,52	59,2%
< 5%	5-70%	> 70%	0,60	76,1%	< 35%	35-70%	> 70%	0,60	66,2%
< 5%	5-65%	> 65%	0,54	71,8%	< 35%	35-65%	> 65%	0,55	62,0%
< 15%	15-75%	> 75%	0,45	73,2%	< 45%	45-75%	> 75%	0,59	56,3%
< 15%	15-70%	> 70%	0,58	73,2%	< 45%	45-70%	> 70%	0,65	63,4%
< 15%	15-65%	> 65%	0,53	69,0%	< 45%	45-65%	> 65%	0,59	59,2%
< 25%	25-75%	> 75%	0,48	63,4%					
< 25%	25-70%	> 70%	0,59	70,4%					
< 25%	25-65%	> 65%	0,53	66,2%					

**Tabelle 37: Linke Ohren (n = 71):** Einteilungsmöglichkeiten des Einsilberverstehens bei 80 dB (in %) aus dem Sprachaudiogramm in Zusammenhang mit dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) ab 1, 2 und 3 kHz im Tonaudiogramm. Zusätzlich basierend auf dem zugehörigen Kendall-tau-b ( $\tau_b$ ) Wert und der Gesamtprozentzahl der zu erwartenden Besetzung der Felder.

Beginn Hochtonabfall (HV > 40 dB) ab			Kendall- tau-b ( $\tau_b$ )	Gesamt	Beginn Hochtonabfall (HV > 40 dB) ab			Kendall- tau-b ( $\tau_b$ )	Gesamt
1 kHz	2 kHz	3 kHz			1 kHz	2 kHz	3 kHz		
Einsilberverstehen bei 80 dB					Einsilberverstehen bei 80 dB				
< 50%	50-90%	> 90%	0,52	71,8%	< 65%	65-90%	> 90%	0,53	67,6%
< 50%	50-85%	> 85%	0,59	74,6%	< 65%	65-85%	> 85%	0,58	70,4%
< 50%	50-80%	> 80%	0,60	71,8%	< 65%	65-80%	> 80%	0,56	67,6%
< 50%	50-75%	> 75%	0,42	62,0%	< 65%	65-75%	> 75%	0,42	57,7%
< 50%	50-70%	> 70%	0,44	60,6%	< 65%	65-70%	> 70%	0,43	56,3%

Dabei ist zu erkennen, dass die Kombinationen des Einsilberverstehens bei 60 dB von < 5%, 5-70% und > 70% eine Gesamtprozentanzahl von 76,1% hervorbringt. Der zugehörige Kendall-tau-b wurde mit 0,60 angegeben. Dagegen zeigte sich die Einsilbergruppierung in < 45%, 45-70% und > 70% mit einer Gesamtprozentzahl von 63,4% und einem Kendall-tau-b von 0,65 (Tabelle 36).

Die Zusammensetzung des Einsilberverstehens für 80 dB wurde mit < 50%, 50-85% und > 85% und der zugehörigen Gesamtprozentzahl von 74,6% angegeben. Der Kendall-tau-b zeigte sich mit

0,59. Die Einsilberkombination < 50%, 50-80% und > 80% gab eine Gesamtprozentzahl von 71,8% mit einem Kendall-tau-b von 0,60 an (Tabelle 37).

Die anschließenden Tabellen (38 bis 41) präsentieren die absolute Besetzung der einzelnen Parzellen inklusive Zeilen- und Gesamtprozenten. Dabei ist die Diagonale von links oben nach rechts unten von Interesse, welche die Gesamtprozentzahl der zu erwartenden Besetzung der Felder visualisiert.

**Tabelle 38: Linke Ohren (n = 71):** Darstellung der einzelnen Felder in Folge der Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberverstehen bei 60 dB mit der Einteilung < 5%, 5 bis 70% und > 70%. Diese Kombination liefert eine Gesamtprozentzahl von 76,1%, welche die zu erwartende Besetzung der Felder demonstriert.

Linke Ohren (n = 71)			Einsilberversuchen (ESV) bei 60 dB			Gesamt
			< 5%	5 bis 70%	> 70%	
Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 40 dB) ab	1 kHz	Anzahl	0	4	0	4
		Zeilenprozent	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
		Gesamtprozent	0,0%	5,6%	0,0%	5,6%
	2 kHz	Anzahl	0	34	4	38
		Zeilenprozent	0,0%	89,5%	10,5%	100,0%
		Gesamtprozent	0,0%	47,9%	5,6%	53,5%
	3 kHz	Anzahl	0	9	20	29
		Zeilenprozent	0,0%	31,0%	69,0%	100,0%
		Gesamtprozent	0,0%	12,7%	28,2%	40,8%
Gesamt		Anzahl	0	47	24	71
		Gesamtprozent	0,0%	66,2%	33,8%	100,0%

**Tabelle 39: Linke Ohren (n = 71):** Darstellung der einzelnen Felder in Folge der Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberverstehen bei 60 dB mit der Einteilung < 45%, 45 bis 70% und > 70%. Diese Kombination liefert eine Gesamtprozentzahl von 63,4%, welche die zu erwartende Besetzung der Felder demonstriert.

Linke Ohren (n = 71)		Einsilberverstehen (ESV) bei 60 dB			Gesamt	
		< 45%	45 bis 70%	> 70%		
Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 40 dB) ab	1 kHz	Anzahl	4	0	0	4
		Zeilenprozent	100,0%	0,0%	0,0%	100,0%
		Gesamtprozent	5,6%	0,0%	0,0%	5,6%
	2 kHz	Anzahl	13	21	4	38
		Zeilenprozent	34,2%	55,3%	10,5%	100,0%
		Gesamtprozent	18,3%	29,6%	5,6%	53,5%
	3 kHz	Anzahl	0	9	20	29
		Zeilenprozent	0,0%	31,0%	69,0%	100,0%
		Gesamtprozent	0,0%	12,7%	28,2%	40,8%
Gesamt	Anzahl	17	30	24	71	
	Gesamtprozent	23,9%	42,3%	33,8%	100,0%	

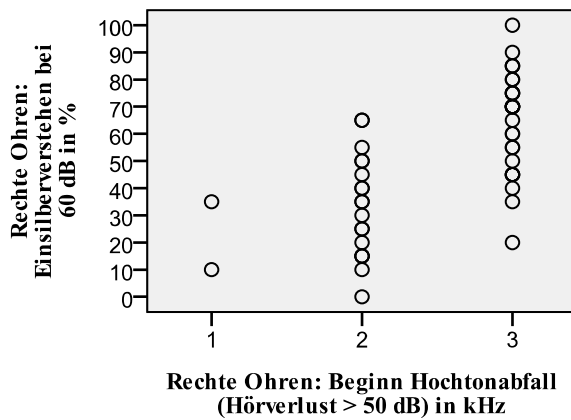
**Tabelle 40: Linke Ohren (n = 71):** Darstellung der einzelnen Felder in Folge der Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberversprechen bei 80 dB mit der Einteilung < 50%, 50 bis 80% und > 80%. Diese Kombination liefert eine Gesamtprozentzahl von 71,8%, welche die zu erwartende Besetzung der Felder demonstriert.

Linke Ohren (n = 71)		Einsilberversprechen (ESV) bei 80 dB			Gesamt	
		< 50%	50 bis 80%	> 80%		
Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 40 dB) ab	1 kHz	Anzahl	1	3	0	4
		Zeilenprozent	25,0%	75,0%	0,0%	100,0%
		Gesamtprozent	1,4%	4,2%	0,0%	5,6%
	2 kHz	Anzahl	0	23	15	38
		Zeilenprozent	0,0%	60,5%	39,5%	100,0%
		Gesamtprozent	0,0%	32,4%	21,1%	53,5%
	3 kHz	Anzahl	0	2	27	29
		Zeilenprozent	0,0%	6,9%	93,1%	100,0%
		Gesamtprozent	0,0%	2,8%	38,0%	40,8%
Gesamt	Anzahl	1	28	42	71	
	Gesamtprozent	1,4%	59,4%	30,7%	100,0%	

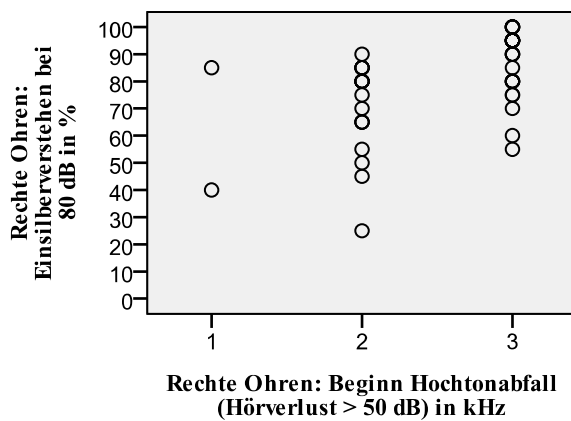
**Tabelle 41: Linke Ohren (n = 71):** Darstellung der einzelnen Felder in Folge der Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberversprechen bei 80 dB mit der Einteilung < 50%, 50 bis 85% und > 85%. Diese Kombination liefert eine Gesamtprozentzahl von 74,6%, welche die zu erwartende Besetzung der Felder demonstriert.

Linke Ohren (n = 71)		Einsilberversprechen (ESV) bei 80 dB			Gesamt	
		< 50%	50 bis 85%	> 85%		
Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 40 dB) ab	1 kHz	Anzahl	1	3	0	4
		Zeilenprozent	25,0%	75,0%	0,0%	100,0%
		Gesamtprozent	1,4%	4,2%	0,0%	5,6%
	2 kHz	Anzahl	0	29	9	38
		Zeilenprozent	0,0%	76,3%	23,7%	100,0%
		Gesamtprozent	0,0%	40,8%	12,7%	53,5%
	3 kHz	Anzahl	0	6	23	29
		Zeilenprozent	0,0%	20,7%	79,3%	100,0%
		Gesamtprozent	0,0%	8,5%	32,4%	40,8%
Gesamt	Anzahl	1	38	32	71	
	Gesamtprozent	1,4%	53,5%	45,1%	100,0%	

### 3.3.1.5 Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 50 dB): Rechte Ohren



**Abb. 65: Rechte Ohren (n = 52):** Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 50 dB) ab 1, 2 oder 3 kHz und dem Einsilberverstehen bei 60 dB in %.



**Abb. 66: Rechte Ohren (n = 52):** Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 50 dB) ab 1, 2 oder 3 kHz und dem Einsilberverstehen bei 80 dB in %.

Die Beziehungen der 52 rechten Ohren zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 50 dB) ab 1, 2 oder 3 kHz und dem Einsilberverstehen für 60 sowie 80 dB werden in Abb. 65 und Abb. 66 dargestellt.

Somit ist zu erkennen, dass bei einem Hochtonabfall ab 1 kHz das Einsilberverstehen bei 60 dB zwischen 10 und 35% lag. Ab einem Hochtonabfall bei 2 kHz positionierten sich die Werte des Einsilberverstehens bei 60 dB zwischen 0 und 65%. Der Hochtonabfall ab 3 kHz zeigte ein Einsilberverstehen bei 60 dB mit 20 bis 100% auf (Abb. 65).

Die Kombination Beginn des Hochtonabfalls ab 1 kHz und das Einsilberverstehen bei 80 dB bildete eine Gruppe von 40 bis 85% ab. Bei einem Hochtonabfall ab 2 kHz demonstrierte das Einsilberverstehen bei 80 dB Werte zwischen 25 und 90%. Der Beginn des Hochtonabfalls ab 3 kHz in Zusammenhang mit dem Einsilberverstehen bei 80 dB zeigte sich bei 55 bis 100% (Abb. 66).

Auf der Basis der gewonnen Einsilberspannen entstanden empirisch Beziehungen zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 50 dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberversuchen bei 60 (Tabelle 42) oder bei 80 dB (Tabelle 43).

**Tabelle 42: Rechte Ohren (n = 52):** Einteilungsmöglichkeiten des Einsilberversehens bei 60 dB (in %) aus dem Sprachaudiogramm in Zusammenhang mit dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 50 dB) ab 1, 2 und 3 kHz im Tonaudiogramm. Zusätzlich basierend auf dem zugehörigen Kendall-tau-b ( $\tau_b$ ) Wert und der Gesamtprozentzahl der zu erwartenden Besetzung der Felder.

Beginn Hochtonabfall (HV > 50 dB) ab			Kendall- tau-b ( $\tau_b$ )	Gesamt	Beginn Hochtonabfall (HV > 50 dB) ab			Kendall- tau-b ( $\tau_b$ )	Gesamt
1 kHz	2 kHz	3 kHz			1 kHz	2 kHz	3 kHz		
Einsilberversuchen bei 60 dB					Einsilberversuchen bei 60 dB				
< 10%	10-55%	> 55%	0,57	71,2%	< 20%	20-55%	> 55%	0,60	65,5%
< 10%	10-50%	> 50%	0,58	73,1%	< 20%	20-50%	> 50%	0,61	67,3%
< 10%	10-45%	> 45%	0,53	71,2%	< 20%	20-45%	> 45%	0,56	65,4%
< 10%	10-40%	> 40%	0,63	76,9%	< 20%	20-40%	> 40%	0,61	71,4%
< 10%	10-35%	> 35%	0,60	75,0%	< 20%	20-35%	> 35%	0,61	69,2%
< 15%	15-55%	> 55%	0,60	71,2%	< 40%	40-55%	> 55%	0,63	55,8%
< 15%	15-50%	> 50%	0,60	73,1%	< 40%	40-50%	> 50%	0,62	57,7%
< 15%	15-45%	> 45%	0,55	71,2%	< 40%	40-45%	> 45%	0,58	55,8%
< 15%	15-40%	> 40%	0,64	76,9%					
< 15%	15-35%	> 35%	0,61	75,0%					

**Tabelle 43: Rechte Ohren (n = 52):** Einteilungsmöglichkeiten des Einsilberversehens bei 80 dB (in %) aus dem Sprachaudiogramm in Zusammenhang mit dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 50 dB) ab 1, 2 und 3 kHz im Tonaudiogramm. Zusätzlich basierend auf dem zugehörigen Kendall-tau-b ( $\tau_b$ ) Wert und der Gesamtprozentzahl der zu erwartenden Besetzung der Felder.

Beginn Hochtonabfall (HV > 50 dB) ab			Kendall- tau-b	Gesamt	Beginn Hochtonabfall (HV > 50 dB) ab			Kendall- tau-b	Gesamt
1 kHz	2 kHz	3 kHz			1 kHz	2 kHz	3 kHz		
Einsilberversuchen bei 80 dB					Einsilberversuchen bei 80 dB				
< 40%	40-90%	> 90%	0,54	65,4%	< 50%	50-90%	> 90%	0,58	65,4%
< 40%	40-85%	> 85%	0,58	71,2%	< 50%	50-85%	> 85%	0,61	71,2%
< 40%	40-80%	> 80%	0,37	65,4%	< 50%	50-80%	> 80%	0,40	65,4%
< 40%	40-75%	> 75%	0,34	65,4%	< 50%	50-75%	> 75%	0,36	65,4%
< 40%	40-70%	> 70%	0,38	67,3%	< 50%	50-70%	> 70%	0,40	67,3%
< 40%	40-65%	> 65%	0,39	67,3%	< 50%	50-65%	> 65%	0,40	67,3%
< 45%	45-90%	> 90%	0,56	67,3%	< 45%	45-75%	> 75%	0,35	67,3%
< 45%	45-85%	> 85%	0,61	73,1%	< 45%	45-70%	> 70%	0,40	69,2%
< 45%	45-80%	> 80%	0,40	67,3%	< 45%	45-65%	> 65%	0,40	69,2%

Die Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 50 dB) ab 1, 2 oder 3 kHz und dem Einsilberversuchen bei 60 dB wurde anhand der Gesamtprozentzahl von 76,9% durch die Einteilungsformen < 10%, 10-40%, > 40% und < 15%, 15-40%, > 40% unterstrichen. Dabei zeigte die Einteilung beginnend mit < 10% einen Kendall-tau-b von 0,63 und die Gruppierung ab < 15% einen Kendall-tau-b von 0,64 an (Tabelle 42).



Wie Tabelle 43 darstellt, lieferte das Einsilberversuchen für 80 dB mit der Gruppierung < 45%, 45-85% und > 85% eine Gesamtprozentzahl von 73,1%. Dabei wies der Kendall-tau-b einen Wert von 0,61 auf. Die Einteilung < 50%, 50-85% und > 85% brachte eine Gesamtprozentzahl von 71,2% hervor. Der Kendall-tau-b belief sich hierbei auf 0,61.

Die Tabellen 44 und 45 veranschaulichen die Differenzierung der einzelnen Zellen und präsentieren somit die oben beschriebenen Kombinationen einschließlich Zeilen- und Gesamtprozenten.

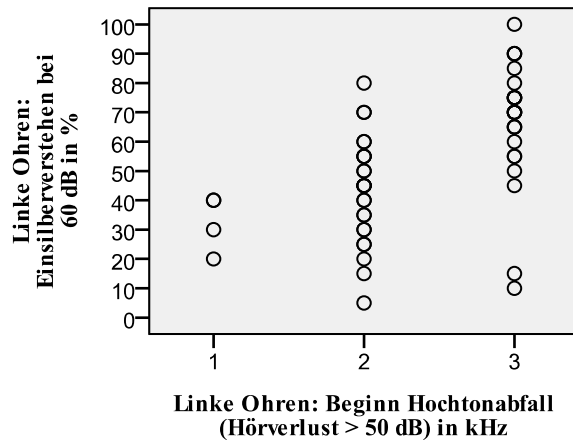
**Tabelle 44: Rechte Ohren (n = 52):** Darstellung der einzelnen Felder in Folge der Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 50 dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberversuchen bei 60 dB mit der Einteilung < 15%, 15 bis 40% und > 40%. Diese Kombination liefert eine Gesamtprozentzahl von 76,9%, welche die zu erwartende Besetzung der Felder demonstriert.

Rechte Ohren (n = 52)			Einsilberversuchen (ESV) bei 60 dB			Gesamt
			< 15%	15 bis 40%	> 40%	
Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 50 dB) ab	1 kHz	Anzahl	1	1	0	2
		Zeilenprozent	50,0%	50,0%	0,0%	100,0%
		Gesamtprozent	1,9%	1,9%	0,0%	3,8%
	2 kHz	Anzahl	2	11	6	19
		Zeilenprozent	10,5%	57,9%	31,6%	100,0%
		Gesamtprozent	3,8%	21,2%	11,5%	36,5%
	3 kHz	Anzahl	0	3	28	31
		Zeilenprozent	0,0%	9,7%	90,3%	100,0%
		Gesamtprozent	0,0%	5,8%	53,8%	59,6%
Gesamt	Anzahl	3	15	34	52	
	Gesamtprozent	5,8%	28,8%	65,4%	100,0%	

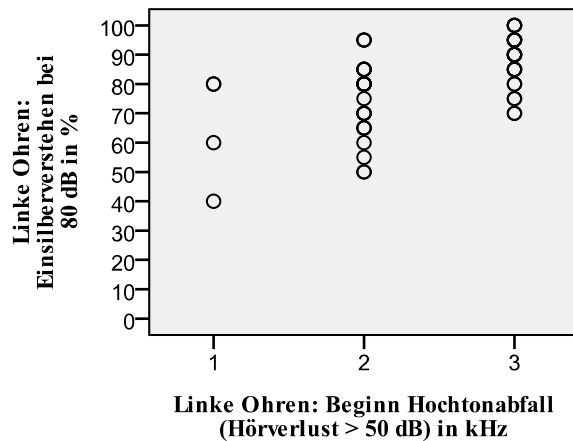
**Tabelle 45: Rechte Ohren (n = 52):** Darstellung der einzelnen Felder in Folge der Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 50 dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberversuchen bei 80 dB mit der Einteilung < 45%, 45 bis 85% und > 85%. Diese Kombination liefert eine Gesamtprozentzahl von 73,1%, welche die zu erwartende Besetzung der Felder demonstriert.

Rechte Ohren (n = 52)		Einsilberversuchen (ESV) bei 80 dB			Gesamt	
		< 45%	45 bis 85%	> 85%		
Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 50 dB) ab	1 kHz	Anzahl	1	1	0	2
		Zeilenprozent	50,0%	50,0%	0,0%	100,0%
		Gesamtprozent	1,9%	1,9%	0,0%	3,8%
	2 kHz	Anzahl	1	17	1	19
		Zeilenprozent	5,3%	89,5%	5,3%	100,0%
		Gesamtprozent	1,9%	32,7%	1,9%	36,5%
	3 kHz	Anzahl	0	11	20	31
		Zeilenprozent	0,0%	35,5%	64,5%	100,0%
		Gesamtprozent	0,0%	21,2%	38,5%	59,6%
Gesamt	Anzahl	2	29	21	52	
	Gesamtprozent	3,8%	55,8%	40,4%	100,0%	

### 3.3.1.6 Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 50 dB): Linke Ohren



**Abb. 67: Linke Ohren (n = 55):** Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 50 dB) ab 1, 2 oder 3 kHz und dem Einsilberverstehen bei 60 dB in %.



**Abb. 68: Linke Ohren (n = 55):** Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 50 dB) ab 1, 2 oder 3 kHz und dem Einsilberverstehen bei 80 dB in %.

Das Verhältnis der 55 linken Ohren zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 50 dB) ab 1, 2 oder 3 kHz und dem Einsilberverstehen bei 60 (Abb. 67) bzw. bei 80 dB (Abb. 68) demonstrierte sich wie folgt.

Bei Beginn des Hochtonabfalls ab 1 kHz zeigte sich das Einsilberverstehen bei 60 dB zwischen 20 und 40%. Im Falle eines Hochtonabfalls ab 2 kHz stellt sich das Einsilberverstehen bei 60 dB in einem Intervall von 5 bis 80% dar. Demgegenüber präsentierte sich das Einsilberverstehen bei 60 dB bei einem Hochtonabfall ab 3 kHz mit Werten zwischen 10 und 100% (Abb. 67).

Der Beginn des Hochtonabfalls ab 1 kHz in Kombination mit dem Einsilberverstehen bei 80 dB stellte sich mit einem Intervall von 40 bis 80% dar. Bei einem Hochtonabfall ab 2 kHz spiegelte sich das Einsilberverstehen bei 80 dB mit 50 bis 95% wider. Ab 3 kHz gab das Einsilberverstehen bei 80 dB eine Spanne von 70 bis 100% an (Abb. 68). Auf der Grundlage dieser Einsilberspannen entstanden empirisch mehrere mögliche Beziehungen zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls

(Hörverlust > 50 dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberversprechen bei 60 (Tabelle 46) oder bei 80 dB (Tabelle 47).

**Tabelle 46: Linke Ohren (n = 55):** Einteilungsmöglichkeiten des Einsilberversprechens bei 60 dB (in %) aus dem Sprachaudiogramm in Zusammenhang mit dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 50 dB) ab 1, 2 und 3 kHz im Tonaudiogramm. Zusätzlich basierend auf dem zugehörigen Kendall-tau-b ( $\tau_b$ ) Wert und der Gesamtprozentzahl der zu erwartenden Besetzung der Felder.

Beginn Hochtonabfall (HV > 50 dB) ab			Kendall- tau-b ( $\tau_b$ )	Gesamt	Beginn Hochtonabfall (HV > 50 dB) ab			Kendall- tau-b ( $\tau_b$ )	Gesamt
1 kHz	2 kHz	3 kHz			1 kHz	2 kHz	3 kHz		
Einsilberversprechen bei 60 dB					Einsilberversprechen bei 60 dB				
< 5%	5-70%	> 70%	0,45	63,6%	< 25%	25-70%	> 70%	0,39	60,0%
< 5%	5-65%	> 65%	0,52	69,1%	< 25%	25-65%	> 65%	0,46	65,5%
< 5%	5-60%	> 60%	0,62	74,5%	< 25%	25-60%	> 60%	0,54	70,9%
< 5%	5-55%	> 55%	0,59	72,7%	< 25%	25-55%	> 55%	0,52	69,1%
< 10%	10-70%	> 70%	0,45	61,8%	< 35%	35-70%	> 70%	0,46	54,5%
< 10%	10-65%	> 65%	0,52	67,3%	< 35%	35-65%	> 65%	0,50	60,0%
< 10%	10-60%	> 60%	0,61	72,7%	< 35%	35-60%	> 60%	0,56	65,5%
< 10%	10-55%	> 55%	0,58	70,9%	< 35%	35-55%	> 55%	0,54	63,6%
< 15%	15-70%	> 70%	0,39	61,8%	< 45%	45-70%	> 70%	0,57	50,9%
< 15%	15-65%	> 65%	0,47	67,3%	< 45%	45-65%	> 65%	0,58	56,4%
< 15%	15-60%	> 60%	0,56	72,7%	< 45%	45-60%	> 60%	0,63	61,8%
< 15%	15-55%	> 55%	0,54	70,9%	< 45%	45-55%	> 55%	0,60	60,0%

**Tabelle 47: Linke Ohren (n = 55):** Einteilungsmöglichkeiten des Einsilberversprechens bei 80 dB (in %) aus dem Sprachaudiogramm in Zusammenhang mit dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 50 dB) ab 1, 2 und 3 kHz im Tonaudiogramm. Zusätzlich basierend auf dem zugehörigen Kendall-tau-b ( $\tau_b$ ) Wert und der Gesamtprozentzahl der zu erwartenden Besetzung der Felder.

Beginn Hochtonabfall (HV > 50 dB) ab			Kendall- tau-b ( $\tau_b$ )	Gesamt	Beginn Hochtonabfall (HV > 50 dB) ab			Kendall- tau-b ( $\tau_b$ )	Gesamt
1 kHz	2 kHz	3 kHz			1 kHz	2 kHz	3 kHz		
Einsilberversprechen bei 80 dB					Einsilberversprechen bei 80 dB				
< 40%	40-90%	> 90%	0,33	58,2%	< 65%	65-90%	> 90%	0,43	54,5%
< 40%	40-85%	> 85%	0,52	69,1%	< 65%	65-85%	> 85%	0,57	65,5%
< 40%	40-80%	> 80%	0,53	69,1%	< 65%	65-80%	> 80%	0,55	65,5%
< 40%	40-75%	> 75%	0,33	61,3%	< 65%	65-75%	> 75%	0,37	58,2%
< 40%	40-70%	> 70%	0,40	63,3%	< 65%	65-70%	> 70%	0,42	60,0%
< 40%	40-65%	> 65%	0,43	60,0%					
< 50%	50-90%	> 90%	0,37	60,0%					
< 50%	50-85%	> 85%	0,555	70,9%					
< 50%	50-80%	> 80%	0,549	70,9%					
< 50%	50-75%	> 75%	0,35	63,3%					
< 50%	50-70%	> 70%	0,41	65,5%					
< 50%	50-65%	> 65%	0,44	61,8%					

Wie Tabelle 46 anzeigt, liefert das Einsilberversprechen bei 60 dB mit der Gruppierung < 5%, 5-60% und > 60% eine Gesamtprozentzahl von 74,5%. Dabei zeigte der Kendall-tau-b einen Wert von 0,62. Die Einteilung < 45%, 45-60% und > 60% brachte eine Gesamtzahl von 61,8% hervor, die

einen Kendall-tau-b von 0,63 aufwies. Die Tabelle 47 demonstriert, dass es für die Gruppierung des Einsilberverstehens bei 80 dB (< 50%, 50-80%, > 80% und < 50%, 50-85%, > 85%) eine gemeinsame Gesamtprozentzahl von 70,9% und beim Kendall-tau-b einen minimalen Unterschied von 0,555 zu 0,549 gibt. Einen Kendall-tau-b von 0,57 zeigte das Einsilberverstehen bei 80 dB mit der Einteilung < 65%, 65-85% und > 85%. Die Gesamtprozentzahl betrug hierbei 65,5%.

Die oben erwähnten Einsilberkombinationen sollen sowohl in ihrer absoluten Besetzung als auch durch die Angabe von Zeilen- bzw. Gesamtprozenten in den nachfolgenden Tabellen 48 bis 51 verdeutlicht werden.

**Tabelle 48: Linke Ohren (n = 55):** Darstellung der einzelnen Felder in Folge der Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 50 dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberverstehen bei 60 dB mit der Einteilung < 5%, 5 bis 60% und > 60%. Diese Kombination liefert eine Gesamtprozentzahl von 74,5%, welche die zu erwartende Besetzung der Felder demonstriert.

Linke Ohren (n = 55)			Einsilberversuchen (ESV) bei 60 dB			Gesamt
			< 5%	5 bis 60%	> 60%	
Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 50 dB) ab	1 kHz	Anzahl	0	4	0	4
		Zeilenprozent	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
		Gesamtprozent	0,0%	7,3%	0,0%	7,3%
	2 kHz	Anzahl	0	22	3	25
		Zeilenprozent	0,0%	88,0%	12,0%	100,0%
		Gesamtprozent	0,0%	40,0%	5,5%	45,5%
	3 kHz	Anzahl	0	7	19	26
		Zeilenprozent	0,0%	26,9%	73,1%	100,0%
		Gesamtprozent	0,0%	12,7%	34,5%	47,3%
Gesamt		Anzahl	0	33	22	55
		Gesamtprozent	0,0%	60,0%	40,0%	100,0%

**Tabelle 49: Linke Ohren (n = 55):** Darstellung der einzelnen Felder in Folge der Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 50 dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberverstehen bei 60 dB mit der Einteilung < 45%, 45 bis 60% und > 60%. Diese Kombination liefert eine Gesamtprozentzahl von 61,8%, welche die zu erwartende Besetzung der Felder demonstriert.

Linke Ohren (n = 55)			Einsilberverstehen (ESV) bei 60 dB			Gesamt
			< 45%	45 bis 60%	> 60%	
Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 50 dB) ab	1 kHz	Anzahl	4	0	0	4
		Zeilenprozent	100,0%	0,0%	0,0%	100,0%
		Gesamtprozent	7,3%	0,0%	0,0%	7,3%
	2 kHz	Anzahl	11	11	3	25
		Zeilenprozent	44,0%	44,0%	12,0%	100,0%
		Gesamtprozent	20,0%	20,0%	5,5%	45,5%
	3 kHz	Anzahl	2	5	19	26
		Zeilenprozent	7,7%	19,2%	73,1%	100,0%
		Gesamtprozent	3,6%	9,1%	34,5%	47,3%
Gesamt	Anzahl	17	16	22	55	
	Gesamtprozent	30,9%	29,1%	40,0%	100,0%	

**Tabelle 50: Linke Ohren (n = 55):** Darstellung der einzelnen Felder in Folge der Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 50 dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberversprechen bei 80 dB mit der Einteilung < 50%, 50 bis 80% und > 80%. Diese Kombination liefert eine Gesamtprozentzahl von 70,9%, welche die zu erwartende Besetzung der Felder demonstriert.

Linke Ohren (n = 55)		Einsilberversprechen (ESV) bei 80 dB			Gesamt	
		< 50%	50 bis 80%	> 80%		
Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 50 dB) ab	1 kHz	Anzahl	1	3	0	4
		Zeilenprozent	25,0%	75,0%	0,0%	100,0%
		Gesamtprozent	1,8%	5,5%	0,0%	7,3%
	2 kHz	Anzahl	0	18	7	25
		Zeilenprozent	0,0%	72,0%	28,0%	100,0%
		Gesamtprozent	0,0%	32,7%	12,7%	45,5%
	3 kHz	Anzahl	0	6	20	26
		Zeilenprozent	0,0%	23,1%	76,9%	100,0%
		Gesamtprozent	0,0%	10,9%	36,4%	47,3%
Gesamt	Anzahl	1	27	27	55	
	Gesamtprozent	1,8%	49,1%	49,1%	100,0%	

**Tabelle 51: Linke Ohren (n = 55):** Darstellung der einzelnen Felder in Folge der Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 50 dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberversprechen bei 80 dB mit der Einteilung < 65%, 65 bis 85% und > 85%. Diese Kombination liefert eine Gesamtprozentzahl von 65,5%, welche die zu erwartende Besetzung der Felder demonstriert.

Linke Ohren (n = 55)		Einsilberversprechen (ESV) bei 80 dB			Gesamt	
		< 65%	65 bis 85%	> 85%		
Beginn Hochtonabfall (Hörverlust > 50 dB) ab	1 kHz	Anzahl	2	2	0	4
		Zeilenprozent	50,0%	50,0%	0,0%	100,0%
		Gesamtprozent	3,6%	3,6%	0,0%	7,3%
	2 kHz	Anzahl	4	18	3	25
		Zeilenprozent	16,0%	72,0%	12,0%	100,0%
		Gesamtprozent	7,3%	32,7%	5,5%	45,5%
	3 kHz	Anzahl	0	10	16	26
		Zeilenprozent	0,0%	38,5%	61,5%	100,0%
		Gesamtprozent	0,0%	18,2%	29,1%	47,3%
Gesamt	Anzahl	6	30	19	55	
	Gesamtprozent	10,9%	54,5%	34,5%	100,0%	

An dieser Stelle sollen die in Punkt 3.3.1.1 bis 3.3.1.6 dargestellten Ergebnisse in einer Gesamtübersicht (Tabelle 52) auf nachfolgender Seite dargestellt werden.

**Tabelle 52:** Gesamtübersicht der bestmöglichen Kombinationen (bezüglich Kendall-tau-b und Gesamtprozent richtig besetzter Zellen) zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 30, > 40 und > 50 dB) ab 1, 2 oder 3 kHz aus dem Tonaudiogramm und dem Einsilberversuchen (ESV) bei 60 und 80 dB aus dem Sprachaudiogramm.

		Rechte Ohren						Linke Ohren				
	ESV	Beginn Hochtonabfall			Kendall-tau-b	Gesamt	ESV	Beginn Hochtonabfall			Kendall-tau-b	Gesamt
		1 kHz	2 kHz	3 kHz				1 kHz	2 kHz	3 kHz		
HV > 30 dB												
	60 dB	< 45%	45-70%	> 70%	0,70	72,2%	60 dB	< 30%	30-70%	> 70%	0,52	63,0%
								< 45%	45-70%	> 70%	0,54	61,7%
	80 dB	< 45%	45-85%	> 85%	0,562	59,5%	80 dB	< 70%	70-95%	> 95%	0,52	67,9%
								< 70%	70-80%	> 80%	0,54	54,3%
HV > 40 dB												
	60 dB	< 20%	20-70%	> 70%	0,68	75,4%	60 dB	< 5%	5-70%	> 70%	0,60	76,1%
								< 45%	45-70%	> 70%	0,65	63,4%
	80 dB	< 45%	45-80%	> 80%	0,45	66,7%	80 dB	< 50%	50-80%	> 80%	0,60	71,8%
		< 60%	60-85%	> 85%	0,50	62,3%		< 50%	50-85%	> 85%	0,59	74,6%
HV > 50 dB												
	60 dB	< 15%	15-40%	> 40%	0,64	76,9%	60 dB	< 5%	5-60%	> 60%	0,62	74,5%
								< 45%	45-60%	> 60%	0,63	61,8%
	80 dB	< 45%	45-85%	> 85%	0,61	73,1%	80 dB	< 50%	50-80%	> 80%	0,56	70,9%
								< 65%	65-85%	> 85%	0,57	65,5%

## 4 DISKUSSION

Das Tonaudiogramm gilt als wichtigste Kontrolle der Sprachgehörprüfergebnisse (Wirth, 1937; Plath, 1971). Dabei ist zu wissen, dass das Einsilberversuchen (ESV) hauptsächlich von dem Hörvermögen der höheren Frequenzen geprägt wird und der Hörverlust für Zahlen (HVZ) größtenteils durch das Tieftongehör beeinflusst wird (Battmer und Lehnhardt, 1984). So ist es verständlich, dass sich sowohl in der Routinehörprüfung als auch in der HNO-ärztlichen Begutachtung von beruflicher Lärmschwerhörigkeit die Überprüfung der Korrelation anhand bestimmter Kenngrößen vor allem im Tieftonbereich als unverzichtbar erweist.

Das Ziel dieser Arbeit war, die Beziehung zwischen den Mittelwerten aus den Hörverlusten der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz), der Gruppe B (500 und 1000 Hz) und der Gruppe C (500, 1000 und 2000 Hz) im Tonaudiogramm und dem Hörverlust für Zahlen im Sprachaudiogramm zu untersuchen und daraus die bestmögliche Frequenzkombination zu finden (HVBG, 1996; Brusis, 1999; Feldmann, 2006). Im Hinblick darauf sollte ebenso die von Brusis (1999) vorgegebene Standardabweichung von  $\pm 5$  dB anhand aller drei Frequenzkombinationen überprüft werden.

Außerdem sollte die Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust  $> 40$  dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberversuchen für 65 dB mit der Kategorisierung  $< 30\%$ ,  $30\text{-}70\%$  und  $> 70\%$  bei dem schwerhörigen Patientengut untersucht werden (Lehnhardt und Laszig, 2001).

Schließlich sollte auf empirischer Basis eine ähnlich feste Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls, in Verbindung mit dem jeweils vorliegenden Hörverlust im Tonaudiogramm und dem Einsilberversuchen bei 60 bzw. 80 dB im Sprachaudiogramm, anhand der Gutachtenpatienten gefunden werden.

### 4.1 Diskussion der Ergebnisse von Substudie 1

#### 4.1.1 Diskussion der deskriptiven Statistik, Plausibilitätsprüfung und 2,58-fachen Standardabweichung

Die Erstellung der deskriptiven Statistik zeigte, dass die Differenzen aus dem mittleren Hörverlust im Tonaudiogramm und dem Hörverlust für Zahlen im Sprachaudiogramm bei den drei Patientenkollektiven die beste bzw. die kleinste Standardabweichung beim mittleren Hörverlust der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz) aufzeigten. Diese Frequenzkombination unterstreicht das

Königsteiner Merkblatt, welches bezüglich vieler Gutachten von Lärmschwerhörigkeit zur Plausibilitätsprüfung zwischen Ton- und Sprachaudiogramm als Anhaltspunkt Verwendung findet (HVBG, 1996). Auch Brusis (1999), der Mitautor des Königsteiner Merkblattes, bekräftigt diese Frequenzkombination anhand eigener Untersuchungen. Er geht sogar noch weiter und gibt an, dass nach seinen Untersuchungen die Differenz zwischen dem mittleren Hörverlust im Tonaudiogramm und dem Hörverlust für Zahlen im Sprachaudiogramm nicht mehr als  $\pm 5$  dB betragen darf. Da Brusis keine Untersuchungsvorgänge darlegt, erwies es sich als schwierig, ein geeignetes Vergleichsmodell zu finden. Bei Betrachtung der deskriptiven Statistik zeigte sich die einfache Standardabweichung aus den Differenzen der mittleren Hörverluste der Gruppe A und dem Hörverlust für Zahlen bei den Normalhörenden bei 2,9 dB (rechte Ohren) und bei 3,1 dB (linke Ohren), bei den Schwerhörigen bei 4,2 dB (rechte Ohren) und bei 4,6 dB (linke Ohren) sowie bei den Gutachtenpatienten bei 5,0 dB (rechte Ohren) und 5,4 dB (linke Ohren). Da bei der einfachen Standardabweichung nur 68,3% der Werte im Intervall liegen, stellte sich die Frage, wie es sich mit dem Rest verhält.

Um für möglichst viele (99,0%) der Normalhörenden und der Schwerhörigen eine Begrenzung zu finden, wurde die 2,58-fache Standardabweichung gewählt. Somit liegt die Begrenzung für die Differenzen zwischen dem Mittelwert aus Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz) und dem Hörverlust für Zahlen bei den Normalhörenden bei 9,0 und -5,7 dB (rechte Ohren) und bei 9,4 und -6,5 dB (linke Ohren), bei den Schwerhörigen bei 10,8 und -10,7 dB (rechte Ohren) und bei 11,8 und -11,8 dB (linke Ohren). Die Gutachtenpatienten weisen bei den Differenzen der Gruppe A ein Intervall von 12,2 bis -13,4 dB (rechte Ohren) und 13,8 bis -13,8 dB (linke Ohren) auf. Da die 2,58-fache Standardabweichung gewählt wurde, um mindestens 99,0% der Werte der Normalhörenden und der Schwerhörigen in ein Intervall zu bekommen, zeigt sich, dass auch für die Gutachtenpatienten eine größere Begrenzung als  $\pm 5$  dB zu wählen ist.

Mit dem Zusammenhang zwischen Ton- und Sprachaudiogramm beschäftigte sich auch schon Plath (1971, 1991) in früheren Studien. Dabei fand er heraus, dass sowohl eine gute bis sehr gute Korrelation zwischen dem Hörverlust für Zahlen und dem Hörverlust bei 500 Hz als auch dem Hörverlust bei 1000 Hz bestand. Eine nicht mehr sehr gute, aber zumindest gute Korrelation zeigte wiederum der Hörverlust für Zahlen zum Hörverlust bei 2000 Hz. Demzufolge wird der Hörverlust für Zahlen im Wesentlichen von den Frequenzen 500 und 1000 Hz bestimmt und weniger vom Hörverlust bei 2000 Hz. Dies könnte die Tatsache einer größeren Standardabweichung in Gruppe C (500, 1000 und 2000 Hz) begründen. Insgesamt stellt der Hörverlust für Zahlen eine gute Korrelation zum Hörverlust in den Frequenzen von 500 bis 2000 Hz dar. Diese Tatsache brachte



Plath (1971) zu dem Ergebnis, dass von dem tonaudiometrischen Hörverlust auf den sprachaudiometrischen Hörverlust geschlossen werden durfte, aber nicht umgekehrt.

Der Fakt, dass bei Innenohrhochtonschwerhörigkeit der Hörverlust für Zahlen gut mit dem mittleren Hörverlust aus 500 und 1000 Hz übereinstimmt, unterstrich auch Lehnhardt (1977, 1981). Lehnhardt (1977) bestätigte in seiner Studie erneut, dass der Hörverlust für Zahlen gut mit dem mittleren Hörverlust aus 500 und 1000 Hz korrelierte. Im Gegensatz zu Plath (1971) definierte Lehnhardt (1981) aber auch das Vorkommen eines Hochtonabfalls, der schon oberhalb von 125 Hz beginnen kann. In diesem Fall gilt die Regel für den Mittelwert aus den Hörverlusten bei 250 und 500 Hz. In den vorliegenden Patientengütern gestaltete sich dies aber meist oberhalb von 1000 Hz. Feldmann (2006) gab an, dass bei einem gegenseitigen Vergleich von Ton- und Sprachgehör der Hörverlust im Tonaudiogramm bei den Frequenzen von 500 bis 1000 Hz dem Hörverlust für Zahlen entsprechen müsste.

Demzufolge unterstrichen sowohl Plath (1971, 1991) als auch Lehnhardt (1977, 1981) und Feldmann (2006) die Frequenzzusammenstellung von Gruppe B (500 und 1000 Hz) in Zusammenhang mit dem Hörverlust für Zahlen.

Die Plausibilitätsprüfung der Ergebnisse des Ton- und Sprachaudiogramms anhand des mittleren Hörverlustes bei 500, 1000 und 2000 Hz (Gruppe C) und dem Hörverlust für Zahlen findet in der Literatur nur wenig Verwendung und wird daher lediglich bei der Ausführung des Untersuchungsbogens Lärm III im Sinne einer arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchung bei Lärmgefährdeten durchgeführt (Feldmann, 2006).

Dieser Frequenzkombination bediente sich auch Röser (1963, 1967). Jedoch gewichtete er die einzelnen Frequenzen, was dementsprechend einen direkten Vergleich zu den in dieser Arbeit gemittelten Hörverlusten ohne jegliche Gewichtung erschwert (Plath, 1991).

Dagegen stehen laut Niemeyer (1984) die tiefen Frequenzlagen der Sprache (< 500 Hz) in engem Zusammenhang zum Verstehen der zweistelligen Zahlwörter. Dennoch sehen Vojacek (1968) und Keller (1980) die beste Korrelation zwischen dem Hörverlust bei 500 Hz und dem Hörverlust für Zahlen.

In Bezug auf die oben genannte Aussage, dass die Standardabweichung aus den Differenzen des mittleren Hörverlustes bei 250, 500 und 1000 Hz (Gruppe A) und dem Hörverlust für Zahlen nicht mehr als  $\pm 5$  dB abweichen darf (Brusis, 1999), lässt sich in dieser Kombination keine Vergleichsliteratur nennen. Selbst im Königsteiner Merkblatt (1996), der Grundlage für eine gerechte Bewertung für die Begutachtung von Lärmschwerhörigkeit steht lediglich, dass der Hörverlust für Zahlen dem mittleren Tongehörverlust bei 250, 500 und 1000 Hz (Gruppe A) in etwa entsprechen muss, jedoch ohne Angaben jeglicher Standardabweichung. Die Literatur bietet nur

Intervallangaben, die auf einem mittleren Hörverlust im Tonaudiogramm für die Frequenzen der Gruppe B (500 und 1000 Hz) basieren. So gibt Lehnhardt (1977) an, dass sich die Differenz aus dem mittleren Hörverlust aus 500 und 1000 Hz (Gruppe B) und dem Hörverlust für Zahlen um 0 bis  $\pm 5$  dB befindet. Insgesamt zeigten sich in seinem Patientengut selten Differenzen, die nicht in das Intervall von  $\pm 15$  dB passten. Hierbei spricht er nicht von einer Standardabweichung, sondern von Intervallangaben der Differenzen. Anhand der berechneten Intervalle im Ergebnisteil erscheint diese Spanne durchaus realistisch, jedoch am besten in Kombination mit dem Hörverlust der Frequenzen der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz).

Andere Autoren (Niemeyer, 1984; Plath, 1991) untermauern, dass bei Differenzen zwischen dem Ton- und Sprachhörverlust ab einem Wert von 10 dB an mangelnde Konzentration oder Achtsamkeit des Patienten gedacht werden muss, und dann erneut geprüft werden sollte.

Zusätzlich ist nicht zu vernachlässigen, dass bei der Beurteilung von einzelnen audiometrischen Messwerten immer eine intraindividuelle Fehlerbreite von Minimum 10 dB angenommen werden muss. So ist es Tatsache, dass bei 20% der Untersuchten mit einer Fehlerbreite von  $\pm 8$  dB zu rechnen ist. In fast 50% der Fälle liegt eine Fehlerbreite von  $\pm 5$  dB vor (Röser, 1963).

Diese bei der Erstellung der Tonaudiometrie auftretenden Streuungen sind unumgänglich. Hierbei finden sie ihren Ursprung nicht nur im Patienten, sondern auch im zuständigen Untersucher oder im Audiometer (Plath, 1991).

In den aus der 2,58-fachen Standardabweichung berechneten Spannen zeigte sich durch alle Patientengruppen hindurch, dass das rechte Ohr stets etwas kleinere Spannen, wenn auch nur minimal, als das linke Ohr aufwies. Laut Bryden (1963) gibt es zumindest bei den Lärmarbeitern nachweisbare Seitendifferenzen, bei denen die Schädigung meist auf dem linken Ohr überwiegt.

Für die Substudie 1 wurden drei Patientenarten (Normalhörende, Schwerhörige und Gutachtenpatienten) gewählt, da davon ausgegangen werden konnte, dass bei den Normalhörenden und bei den Schwerhörigen keine Tendenz zur Aggravation bestand. Daraus resultierte die Wahl der 2,58-fachen Standardabweichung, da diese die Werte der beiden Patientengruppen mit einschloss. Trotzdem gibt es keine Garantie, ob nicht eine gewisse, wenn auch minimale Absicht in Bezug auf eine Aggravation oder Simulation bei diesen Patientengütern bestand.

Da die 2,58-fache Standardabweichung berechnet wurde, um etwa 99,0% der Werte der Normalhörenden und der Schwerhörigen in eine Begrenzung zu bekommen, zeigt sich, dass eine größere Begrenzung als  $\pm 5$  dB ebenso für die Gutachtenpatienten zu wählen ist.

Aufgrund der Tatsache, dass Vojacek (1968) und Keller (1980) ausschließlich zwischen dem Hörverlust bei 500 Hz und dem Hörverlust für Zahlen die beste Korrelation sehen, sollte das in einer anderen Studie getestet werden. Dabei könnte dann auch die Bedeutung der tieferen

Frequenzen wie 250 und 125 Hz als alleinige Werte in Zusammenhang mit dem Hörverlust für Zahlen getestet werden.

Außerdem sollte überlegt werden, inwieweit ein Richtwert für beide Ohren geschaffen werden kann. Dies kann entweder geschehen, indem jedes Ohr als Individuum gezählt wird, und somit eine künstliche Fallzahlerhöhung resultiert, oder indem Mittelwerte aus beiden Ohren gebildet werden.

#### **4.1.2 Diskussion der Gutachten-Untergruppen**

Bei der Gegenüberstellung der Gutachten-Untergruppen (Ohren ohne pankochleären Hörschaden gegen Ohren mit pankochleärem Hörschaden sowie Ohren ohne schlüssige objektive Tests gegen Ohren mit schlüssigen objektiven Tests) konnte kein signifikanter Unterschied ( $p > 0,05$ ) der Gruppen bezüglich der Differenzen aus dem mittleren Hörverlust der Frequenzen der Gruppen (A, B oder C) und dem Hörverlust für Zahlen gefunden werden.

Dabei ist generell anzumerken, dass die Gutachtenpatienten mit pankochleärer Innenohrschwerhörigkeit an einem Hörverlust in allen Frequenzen leiden und somit auch die Frequenzen  $< 250$  und  $> 2000$  Hz von einer Schwerhörigkeit betroffen sind. Bei der Plausibilitätsprüfung zwischen den mittleren Hörverlusten der Frequenzen der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz), der Gruppe B (500 und 1000 Hz) und der Gruppe C (500, 1000 und 2000 Hz) und dem Hörverlust für Zahlen sind demnach die Frequenzen 250 bis 2000 Hz von Bedeutung. Somit unterstreicht das Ergebnis einer nicht vorhandenen Signifikanz ( $p > 0,05$ ), dass die Hörverluste in den hohen Frequenzen für das Sprachverstehen für Zahlen eine untergeordnete Rolle spielen (Battmer und Lehnhardt, 1984; Lehnhardt und Laszig, 2001). Mit Hilfe der objektiven Tests wurde die Differenzierung überprüft, ob es sich bei dem Hörschaden der untersuchten Gutachtenpatienten um einen kochleären Innenohrschaden oder einen retrokochleären Hörschaden handelt. Hierbei reichen laut Königsteiner Merkblatt (HVBG, 1996) zwei übereinstimmende objektive Tests. Sollten diese in ihrem Ergebnis nicht harmonieren, so müssten weitere Tests durchgeführt werden, um die Lage der Hörstörung so sicher wie möglich zu definieren. Auch Feldmann (2006) empfiehlt immer mehrere Methoden zum Nachweis des bestehenden oder fehlenden Rekrutments nebeneinander zu verwenden, insbesondere im Hinblick auf eine gutachtliche Entscheidung. So zeigten sich der SISI-Test oder die Geräuschaudiometrie nach Langenbeck bei einigen im HNO-Zentrum Starnberg untersuchten Gutachtenpatienten auffällig (Tests unschlüssig). Das hier vermeintlich negativ gemessene Rekrutment präsentiert aber weniger den Sitz einer retrokochleären Hörstörung als die Neigung des Patienten zur Aggravation. Bei dieser ist der Patient bemüht seine Schwerhörigkeit betont darzulegen und gibt dabei beim SISI-Test an, keine kleinen Intensitätssprünge

wahrzunehmen. Auch bei dem Geräuschaudiogramm nach Langenbeck verfährt er so und bejaht eine Tonwahrnehmung erst, wenn der Ton den Geräuschpegel schon längst überschritten hat (Feldmann, 2006). Die bei einigen Patienten zusätzlich durchgeführte Stapediusreflexmessung verlangt ebenso eine gute Patientenmitarbeit. Insgesamt sollte die Stapediusreflexschwelle in etwa der Unbehaglichkeitsgrenze entsprechen. Es kann allerdings vorkommen, dass bei Patienten mit Lärmschwerhörigkeit sowohl die Stapediusreflexe als auch die Unbehaglichkeitsgrenze nicht immer nachweislich feststellbar sind oder eben nur eines von beiden. Demzufolge klammert das Fehlen der Stapediusreflexe wie auch das Nicht-Erlangen der Unbehaglichkeitsgrenze ein Rekrutment nicht aus. Somit ist lediglich ein positiver Befund zu verwenden (Plath, 1991). Bei den untersuchten Gutachtenpatienten reichte dieser positive Befund in Zusammenhang mit anderen objektiven Tests mit negativem Befund aber nicht aus, um eindeutig eine kochleäre Genese bestätigen zu können. Daher wurden diese ebenso als Patienten mit „unschlüssigen Tests“ betrachtet.

Obwohl die Tests im Gutachten als „unschlüssig“ erklärt wurden, zeigte sich wie oben im Text erwähnt kein signifikanter Unterschied ( $p > 0,05$ ) bezüglich der Untersuchungsergebnisse zu den Patienten mit eindeutigen Tests auf kochleären Hörschaden und somit auch keine besonderen Auffälligkeiten.

Demnach präsentierten sowohl die Gutachtenpatienten mit pankochleärem Hörschaden als auch die Patienten mit unstimmigen Tests auf kochleären Hörverlust keine Auffälligkeiten in Gegenüberstellung mit ihren Vergleichsgruppen. Um mit Sicherheit sagen zu können, dass ein kochleärer Hörschaden vorliegt, sollte für zukünftige Studien eine Hirnstammaudiometrie bei besagten Patienten vorgenommen werden.

#### **4.1.3 Diskussion der Gegenüberstellung der Differenzen aus den Gruppen A, B und C und dem Hörverlust für Zahlen**

Die Gegenüberstellung der Differenzen aus den Mittelwerten der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz), der Gruppe B (500 und 1000 Hz), der Gruppe C (500, 1000 und 2000 Hz) und dem Hörverlust für Zahlen veranschaulichte, dass bei den Normalhörenden nicht in allen Testungen der Gruppen gegeneinander ein signifikanter Unterschied ( $p \leq 0,05$ ) vorzufinden war. Dieser präsentierte sich bei den rechten Ohren bei der Testung der Differenzen der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz) gegen C (500, 1000 und 2000 Hz) und B (500 und 1000 Hz) gegen C (500, 1000 und 2000 Hz).

Demgegenüber lieferte der Vergleich der Differenzen der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz) gegen die Differenzen der Gruppe B (500, 1000 und 2000 Hz) bei den rechten Ohren keinen signifikanten Unterschied ( $p = 0,530$ ). Diesem folgten ebenso die linken Ohren, indem sie beim Vergleich der Differenzen der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz) mit den Differenzen der Gruppe B (500 und 1000 Hz) einen p-Wert von 0,265 aufwiesen. Die Testung der Differenzen der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz) gegen die Differenzen der Gruppe C (500, 1000 und 2000 Hz) mit einem p-Wert von 0,558 und der Vergleich der Differenzen der Gruppe B (500 und 1000 Hz) mit den Differenzen der Gruppe C (500, 1000 und 2000 Hz) mit einem p-Wert von 0,124 zeigten folglich auch keinen signifikanten Unterschied.

Die Testung der Differenzen der einzelnen Gruppen gegeneinander, brachte sowohl bei den Schwerhörigen als auch bei den Gutachtenpatienten in allen Testvariationen (A gegen B, A gegen C und B gegen C) bei den rechten und linken Ohren einen signifikanten Unterschied ( $p \leq 0,05$ ).

Da bei Betrachtung der einzelnen Gruppen (A, B und C) in den Boxplots (Abb. 2 bis 4) visuell nicht immer ersichtlich war, ob ein signifikanter Unterschied zwischen den Differenzen der einzelnen Gruppen (A, B und C) vorlag und die deskriptive Statistik (Tabellen 3 bis 5) nur zahlenmäßig beschrieb, dass ein Unterschied vorhanden war, erwies sich die Berechnung, ob ein statistisch signifikanter Unterschied vorlag als sinnvoll.

Diesbezüglich konnte auch statistisch bewiesen werden, dass die Differenzen aus der Mittelwertbildung der Gruppe A (250, 500 und 1000 Hz) und dem Hörverlust für Zahlen nicht nur einen signifikanten Unterschied ( $p \leq 0,05$ ) zu den Differenzen aus den mittleren Hörverlusten der Gruppe C (500, 1000 und 2000 Hz) und dem Hörverlust für Zahlen, sondern auch zu den Differenzen aus den mittleren Hörverlusten der Gruppe B (500 und 1000 Hz) und dem Hörverlust für Zahlen aufweisen.

Im Rahmen von weiteren Studien könnte ferner untersucht werden, warum die Normalhörenden kein einheitliches Ergebnis bezüglich der Signifikanz lieferten und ob mittels einer größeren Fallzahl ( $n > 80$ ) ein eindeutigeres Ergebnis erzielt werden könnte.

#### **4.1.4 Diskussion der Korrelation von rechten und linken Ohren**

Bei der Berechnung der Korrelation zwischen den einzelnen Prüfgrößen der rechten und linken Ohren der Normalhörenden miteinander demonstrierte sich eine mittlere Korrelation. Dabei ist hervorzuheben, dass die Mittelwerte aus den Hörverlusten der rechten Ohren der Gruppe A, B und C getestet mit den Mittelwerten aus den Hörverlusten der linken Ohren der Gruppe A, B und C eine hohe Korrelation aufweisen. Da alle Korrelationskoeffizienten einen positiven Wert aufweisen,

lässt sich für alle Prüfgruppen folgern, dass z. B. hohe Werte der Gruppe A der rechten Ohren, hohe Werte der Gruppe A der linken Ohren mit sich bringen, und ein linearer Zusammenhang zwischen dem rechten und linken Ohr eines jeden Patienten besteht.

#### **4.1.5 Diskussion der Unterschiede zwischen rechten und linken Ohren**

Ob ein signifikanter Unterschied zwischen den Werten der rechten und linken Ohren vorhanden ist, wurde bei den Normalhörenden anhand des p-Wertes berechnet, da davon ausgegangen werden konnte, dass diese ein einheitliches Gehör darstellten. Der p-Wert verdeutlichte, dass bei allen Prüfgrößen (Hörverluste der einzelnen Frequenzen, Mittelwerte aus den Hörverlusten, Hörverlust für Zahlen, Differenzen aus den Mittelwerten der Hörverluste und dem Hörverlust für Zahlen), die das rechte und das linke Ohr gegeneinander testeten, kein signifikanter Unterschied ( $p > 0,05$ ) zu finden war. Obgleich dieses Ergebnis die Möglichkeit der Mittelwertbildung aus den Werten der rechten und linken Ohren darbot, wurde für diese Studie eine Trennung der beiden Seiten gewählt. Die Begründung hierfür lieferte auch die Tatsache, dass bei Bildung eines Mittelwertes aus Werten eines z. B. mittelgradig schwerhörigen rechten Ohres und eines an Taubheit grenzenden linken Ohres die Schwere der Schwerhörigkeit entweder gemildert oder verstärkt würde. Somit besteht bei vorliegender Studie zu jeder Zeit die Möglichkeit, die Werte der rechten und linken Ohren dem jeweiligen Individuum zuzuordnen und einer künstlichen Fallzahlverdopplung, die beide Ohren als getrennte Individuen sehen würde, entgegenzuwirken.

Als Nachteil dieser Vorgehensweise erweist sich jedoch, dass somit keine alleinige Begrenzung für die Plausibilitätsprüfungen der Mittelwerte der Frequenzgruppen A, B und C und dem Hörverlust für Zahlen zu gewinnen war und beide Richtwerte sowohl für das rechte als auch das linke Ohr angegeben werden mussten. Da aber in Substudie 2 (Punkt 3.2) die Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust  $> 40$  dB) ab 1, 2 oder 3 kHz und dem Einsilberverstehen bei 65 dB anhand des auch in Substudie 1 (Punkt 3.1) verwendeten schwerhörigen Patientengutes geprüft wurde und in Substudie 3 (Punkt 3.3) generell nach einer Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust  $> 30$ ,  $> 40$  und  $> 50$  dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberverstehen für 60 bzw. 80 dB mit Hilfe der ebenso in Substudie 1 verwendeten Gutachtenpatienten gesucht wurde, erwies sich die Trennung der Ohren als einzig richtige und wichtige Methode.

Im Falle von weiteren Studien allein bezüglich der Plausibilitätsprüfung der mittleren Frequenzen aus den Tongehörverlusten der Gruppe A, B und C und dem Hörverlust für Zahlen, kann über eine Mittelwertbildung oder Fallzahlverdopplung nachgedacht werden.

## 4.2 Diskussion der Ergebnisse von Substudie 2

Die feste Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust  $> 40$  dB) ab 1, 2 oder 3 kHz und dem Einsilberversuchen (ESV) bei 65 dB mit der Einteilung  $< 30\%$ , 30 bis 70% und  $> 70\%$  (Lehnhardt, 1973; Lehnhardt, 1977; Battmer und Lehnhardt, 1984; Lehnhardt und Laszig, 2001) wurde durch die Erstellung der Kontingenztabellen (Tabelle 14 und 17) sowohl bei den 101 rechten Ohren als auch bei den 102 linken Ohren größtenteils bestätigt.

Von den 27 rechten Ohren (26,7%) mit einem Hochtonabfall ab 1 kHz, zeigte sich die Mehrheit ( $n = 17$ ; 63,0%) mit einem ESV für 65 dB von 30 bis 70%. Zusätzlich wies sogar 1 Ohr (3,7%) das  $ESV > 70\%$  auf. Laut Lehnhardt wäre aber zu erwarten gewesen, dass sich alle oder zumindest fast alle 27 Ohren mit einem  $ESV < 30\%$  präsentieren, diesem kamen lediglich 9 rechte Ohren (33,3%) nach.

Bei den 49 rechten Ohren (48,5%) mit einem Hochtonabfall ab 2 kHz, demonstrierten 37 rechte Ohren (75,6%) das ESV von 30 bis 70%, welches nach Lehnhardt auch so voraussagen war. Lediglich 1 Ohr (2,0%) brachte ein  $ESV < 30\%$  auf und 11 Ohren (22,4%) ein  $ESV > 70\%$ . Von den 25 rechten Ohren (24,8%) mit Beginn des Hochtonabfalls ab 3 kHz, belegten 19 Ohren (76,0%) das prognostizierte ESV mit  $> 70\%$ . Die restlichen 6 rechten Ohren (24,0%) fielen mit dem ESV in die Gruppe von 30 bis 70%.

In derselben Tendenz, aber mit unterschiedlicher Anzahl, zeigten sich ebenso die linken Ohren. Bei den 24 linken Ohren (23,5%) mit einem Hochtonabfall ab 1 kHz, stellten sich 10 linke Ohren (41,7%) mit dem zu erwartenden  $ESV$  von  $< 30\%$  dar. Eine gering höhere Anzahl von 13 linken Ohren (54,2%) präsentierte ein  $ESV$  von 30 bis 70%. Das 1 linke Ohr (4,1%) mit einem  $ESV > 70\%$  erwies sich als deutliche Minderheit.

Bei den 54 linken Ohren (52,9%) mit einem Hochtonabfall ab 2 kHz, befand sich der größte Teil mit 41 linken Ohren (75,9%) bei dem  $ESV$  von 30 bis 70%. Die nächst größere Besetzung lieferten 12 linke Ohren (22,2%) mit einem  $ESV > 70\%$ . Als Randgruppe ist das  $ESV < 30\%$  zu nennen, da diese Spalte mit nur 1 Ohr (1,9%) besetzt war.

Bei den 24 linken Ohren (23,5%) mit einem Hochtonabfall ab 3 kHz, präsentierte sich die Mehrheit mit 16 linken Ohren (66,7%) mit einem erwarteten  $ESV$  von  $> 70\%$ . Die 8 restlichen Ohren (33,3%) kamen auf ein  $ESV$  von 30 bis 70%.

Die Unterteilung der rechten und linken Ohren in Altersklassen der Patienten von  $< 60$  Jahre (Tabellen 15 und 18) und  $\geq 60$  Jahre (Tabellen 16 und 19) unterstrich tendenziell das Ergebnis der Besetzung der einzelnen Parzellen aller rechten (Tabelle 14) und linken Ohren (Tabelle 17).

Bei dem Vergleich der Ergebnisse der zwei Alterskategorien mit der Gesamtbesetzung der Parzellen aller Ohren zeigte sich, dass sowohl bei den rechten als auch bei den linken Ohren (Alter < 60 Jahre) bei einem Beginn des Hochtonabfalls ab 3 kHz, vermehrt ein besseres Einsilberverstehen bei 65 dB (> 70%) erlangt wurde. In Prozent erzielten 85,7% der rechten Ohren und 87,5% der linken Ohren bei einem Hochtonabfall ab 3 kHz ein Einsilberverstehen bei 65 dB von > 70%. Demgegenüber zeigten die Patienten, deren Alter bei  $\geq 60$  Jahren lag, dass 72,2% der rechten Ohren und 56,3% der linken Ohren bei einem Hochtonabfall ab 3 kHz, ein Einsilberverstehen bei 65 dB mit > 70% vorwiesen. Daraus lässt sich schließen, dass die Patienten mit einem Alter  $\geq 60$  Jahre bereits bei einem Beginn des Hochtonabfalls ab 3 kHz, ein schlechteres Einsilberverstehen bzw. Sprachverstehen bei 65 dB aufweisen als die jüngere Vergleichsgruppe.

Diese Gegebenheit wird durch die Befunde von Jerger (1973) unterstützt, die besagen, dass sich mit steigendem Lebensalter ein Rückgang bezüglich des Erreichens der maximalen Einsilberverständlichkeit verzeichnen lässt.

Im Gegensatz dazu kamen die Untersuchungen von Lehnhardt (1977) zu dem Ergebnis, dass bei Patienten mit einem Alter jenseits des 60. Lebensjahres kein allgemein schlechteres Einsilberverstehen für 65 dB in Bezug zum Tonaudiogramm festzustellen ist.

Insgesamt ist anzumerken, dass sich sowohl bei den rechten als auch bei den linken Ohren der Zusammenhang zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust > 40 dB) bei 1 kHz und dem ESV < 30% bezüglich der Verteilung der Zellen als am wenigsten eindeutig erwies. Obgleich Lehnhardt (1977) schon in einer früheren Studie diese Gegebenheit hervorhob, fand er in einer späteren Untersuchung wiederum eine eindeutige Beziehung zwischen den besagten Komponenten (Battmer und Lehnhardt, 1984). Dabei ist von Interesse, dass in den erwähnten Studien (Lehnhardt, 1977; Battmer und Lehnhardt, 1984) die Einteilung des Einsilberverstehens der ersten Gruppe bei  $\leq 30\%$  lag. Dagegen gibt die vorliegende Studie, welche mit den Vorgaben von Lehnhardt und Laszig (2001) arbeitete und sich mit der damals empirisch gewonnen Einteilung von Lehnhardt (1973) deckt, ein ESV < 30% an. Folglich fielen bei den aktuell untersuchten Ohren in die erste Gruppierung (ESV < 30%) weniger Ohren. Dennoch lässt sich anhand der Einteilung des ESV in  $\leq 30\%$  oder in < 30% kein Unterschied bezüglich der Ergebnisse feststellen. Dies bestätigte sich, da nicht nur in der Studie von Lehnhardt (1977) mit der Einteilung  $\leq 30\%$ , sondern auch in der vorliegenden Studie mit der ersten Anordnung von < 30% als Ergebnis eine am wenigsten eindeutige Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls ab 1 kHz und dem ESV  $\leq 30\%$  oder < 30% zu erkennen war.

Dahingegen bewiesen Battmer und Lehnhardt (1984) das Bestehen eines guten Zusammenhanges zwischen dem besagten Hochtonabfall ab 1 kHz und dem ESV  $\leq 30\%$  und sahen im Vergleich zu



der früheren Studie von Lehnhardt (1977) ein äquivalent gutes Ergebnis. Insgesamt lassen diese Ergebnisse darauf schließen, dass einer eventuell weniger eindeutigen Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls ab 1 kHz und dem  $ESV \leq 30\%$  oder  $< 30\%$  keine Beachtung geschenkt werden sollte.

Generell ist anzumerken, dass das Einsilberverstehen hauptsächlich von dem Hörvermögen in den höheren Frequenzen beeinflusst wird, während der Hörverlust für Zahlen wesentlich vom Tieftongehör geprägt wird (Battmer und Lehnhardt, 1984). Somit ist das Zahlenverstehen meist wenig beeinträchtigt. Dagegen ist das Einsilberverstehen umso mehr verschlechtert, je weiter der Hochtonabfall bereits den mittleren Tonbereich betrifft (Lehnhardt und Laszig, 2001).

Zusätzlich ist die Tatsache zu unterstreichen, dass die sprachaudiometrischen Befunde unter Zuhilfenahme des Tonaudigramms kontrolliert werden können, aber nicht umgekehrt (Wirth, 1937; Plath, 1971; Lehnhardt, 1981; Battmer und Lehnhardt, 1984).

Bei einer Diskrepanz von den gewonnenen Werten müsste an eine apparative Unzulänglichkeit, an fehlende Mitarbeit des Patienten oder an eine neurale bzw. zentrale Genese gedacht werden.

Dabei bleiben nur wenige Fälle übrig, bei denen die Abweichungen zwischen Tongehör und Sprachverstehen nicht aufzuklären sind (Battmer und Lehnhardt, 1984; Lehnhardt und Laszig, 2001).

Da es sich bei der vorliegenden Untersuchung um Patienten mit Innenohrhochtonschwerhörigkeit handelte, die kamen, um erstmalig oder erneut Hörgeräte verschrieben zu bekommen, kann davon ausgegangen werden, dass diese Gruppe keinen bis kaum einen Vorteil aus den Untersuchungsergebnissen ziehen wollte. Somit ist die Tendenz zur Aggravation bei diesem Patientengut als minimal anzusehen.

Für die Wahl das Einsilberverstehen bei 65 dB zu testen spricht, dass diese Lautstärke im Mittel der normalen Umgangssprache entspricht (Plath, 1971).

Bei der Überprüfung der Probanden, die einen Hochtonabfall (Hörverlust  $> 40$  dB) erst ab 4 kHz erlitten hatten, kamen Battmer und Lehnhardt (1984) zu dem Ergebnis, dass das Einsilberverstehen für 65 dB bei 91,6% lag. Dies bedeutet, dass ein Hörverlust  $> 40$  dB bei 4 kHz oder höher keinen oder nur einen geringen Einfluss auf das Einsilberverstehen ausübt und somit der Hörverlust ab 4 kHz bezüglich des Einsilberverstehens zu vernachlässigen ist.

Insgesamt ist zu sagen, dass die Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust  $> 40$  dB) ab 1, 2 oder 3 kHz und dem Einsilberverstehen für 65 dB mit den Kategorien  $< 30\%$ , 30 bis 70% und  $> 70\%$  zu bestätigen ist. Ebenso ist zu unterstreichen, dass eine Einteilung des Einsilberverstehens in die genannten Gruppierungen tendenziell bestätigt werden kann, dabei aber nicht mit striktem Kastendenken benutzt werden sollte. Vielmehr sollte diese gewonnene

Beziehung als Richtlinie für die Plausibilitätsprüfung der Ergebnisse aus dem Ton- und Sprachaudiogramm gesehen werden.

Neben der in der Studie vorliegenden Kategorisierung des Patientenalters in  $< 60$  und  $\geq 60$  Jahre, könnten noch zusätzliche eventuell kleinere Einteilungsformen des Alters in anderen Untersuchungen von Interesse sein.

In einer weiteren Studie könnte außerdem überprüft werden, ob sich eine noch striktere Einteilung durch Veränderung der Anordnungen des Einsilberverstehens erzielen lässt. Dies könnte z. B. dadurch erzielt werden, dass die erste Anordnung des Einsilberverstehens etwas größeren Raum bekommt. Dafür müsste dann die zweite Einteilung des Einsilberverstehens (30 bis 70%), die eine weitaus größere Spanne beinhaltet mit einem etwas höheren Einsilberverstehen von 35% beginnen. Da die Kommunikationsprobleme bereits beginnen, wenn der Hauptsprachbereich (0,5 bis 3 kHz) einen Hörverlust  $> 30$  dB aufweist (Plath, 1991), könnte ebenso eine Tabelle erstellt werden, die bereits einen Hochtonabfall (Hörverlust  $> 30$  dB) ab 1, 2 und 3 kHz beinhaltet. Dies wurde in Substudie 3 dieser Arbeit untersucht.

### **4.3 Diskussion der Ergebnisse von Substudie 3**

Die Ergebnisse der einzelnen Konstellationen des Einsilberverstehens bei 60 bzw. 80 dB in Zusammenhang mit dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust  $> 30$ ,  $> 40$  oder  $> 50$  dB) ab 1, 2 oder 3 kHz demonstrieren mehrere Gegebenheiten. Zum einen stimmen der höchste Kendall-tau-b Wert, der als Maß der Symmetrie in einer quadratischen Kreuztabelle gilt, und die höchste Gesamtprozentzahl der zu erwartenden Besetzung der Felder bezüglich einer Einsilbereinteilung überein. Zum anderen findet sich aber keine Einstimmung und es werden zwei Einsilberkonstellationen präsentiert. Eine Übereinstimmung von höchstem Kendall-tau-b Wert und höchster Gesamtprozentzahl fand sich bei allen rechten Ohren in Kombination mit einem Einsilberverstehen (ESV) bei 60 dB wieder. So zeigte sich das Einsilberverständnis für 60 dB bei einem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust  $> 30$  dB) mit einer Einteilung von  $< 45\%$ , 45-70% und  $> 70\%$ . Bei einem Beginn des Hochtonabfalls mit einem Hörverlust  $> 40$  dB lag die Zusammensetzung der Einsilber mit  $< 20\%$ , 20-70% und  $> 70\%$  und bei einem Hörverlust  $> 50$  dB mit  $< 15\%$ , 15-40% und  $> 40\%$  vor. Zusätzlich lieferten die rechten Ohren auch bei einem Einsilberverstehen für 80 dB größtenteils besagte Einstimmigkeit. Jedoch nur bei einem Beginn des Hochtonabfalls mit einem Hörverlust  $> 30$  dB und einer Einsilberkategorisierung in  $< 45\%$ , 45-85% und  $> 85\%$  oder einem

Hörverlust  $> 50$  dB ( $< 45\%$ ,  $45\text{--}85\%$ ,  $> 85\%$ ) war ebensolche zu finden. Bei einem Hörverlust  $> 40$  dB präsentierten sich zwei Kombinationsmöglichkeiten der Einsilber.

Bei den linken Ohren fand gar keine Übereinstimmung zwischen dem höchsten Kendall-tau-b Wert und der größten Gesamtprozentanzahl statt, so dass immer zwei Kreuztabellen pro getestetem Einsilberversuchen (60 und 80 dB) offeriert wurden.

Beim Vergleich der Einsilbereinteilungen der rechten Ohren mit den linken Ohren weist lediglich der Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust  $> 30$  dB) mit dem Einsilberversuchen bei 60 dB eine identische Einteilung auf. Hierbei ist aber zu erwähnen, dass sich bei Betrachten der beiden Kreuztabellen sowohl die Besetzung der einzelnen Zellen (Tabelle 23 und 28) als auch der Kendall-tau-b (Tabelle 21 und 25) unterscheiden. Die rechten Ohren präsentieren eine Gesamtprozentzahl von 72,2% und einem Kendall-tau-b von 0,70. Demgegenüber stehen die linken Ohren mit einer Gesamtprozentzahl von 61,7% und einem Kendall-tau-b von 0,54. Somit stellt sich die Frage, warum oder wodurch dieser Unterschied entsteht. Eine Erklärung hierfür könnte sein, dass das Überprüfen der Tonschwellen bei symmetrischem Hörschaden immer zuerst rechts beginnt und bei einigen Patienten bei der linksseitigen Überprüfung bereits eine Ermüdung oder eine Unaufmerksamkeit eintritt. Ferner könnte noch die Tatsache mitspielen, dass es sich bei dem hierfür gewählten Patientengut um Gutachtenpatienten handelt, bei denen prinzipiell die Tendenz zur Aggravation bekannt ist (Streppel und Brusis, 2007). Weitere Vergleiche sind nicht möglich, da sich bei den anderen Einsilberkombinationen zwischen rechten und linken Ohren keine identischen Einteilungen finden ließen.

Zusätzlich ist von Interesse, dass im Falle von zwei Kreuztabellen pro getestetem Einsilberversuchen (60 und 80 dB) die Kombinationen mit einem meist nur etwas höheren Kendall-tau-b eine weitaus geringere Gesamtprozentzahl aufwiesen. Im Vergleich dazu präsentierte sich die zweite Kombination stets mit einem minimal geringeren Kendall-tau-b, aber mit einer durchaus höheren Gesamtprozentzahl. Generell ist zu erwähnen, dass die Berechnung des Kendall-tau-b Wertes in vergleichbaren Studien (Lehnhardt, 1977; Battmer und Lehnhardt, 1984) nicht vorgenommen wurde. Daher ist fraglich, inwieweit dieser bei vorliegender Fragestellung gewichtet werden sollte. In Gegenüberstellung mit den gerade erwähnten Studien könnte dieser augenscheinlich komplett vernachlässigt werden. Folglich sollte primär die Gesamtprozentzahl der zu erwartenden Besetzung der Felder auf der Diagonalen betrachtet werden und erst im zweiten Vorgehen der Kendall-tau-b miteinbezogen werden.

Generell ist zu beobachten, dass bei den Scatterplots der rechten und der linken Ohren mit dem Hörverlust  $> 30$  dB (Abb. 57 und 59),  $> 40$  dB (Abb. 61 und 63) und  $> 50$  dB (Abb. 65 und 67) und dem ESV für 60 dB der Beginn des Hochtonabfalls bei 2 kHz bereits sehr niedrige Prozentwerte

bezüglich des Einsilberverstehens aufweist und sich somit mit denen des Beginn des Hochtonabfalls ab 1 kHz in weiten Teilen übereinstimmt.

Es ist zu erwähnen, dass die rechten Ohren, die einen Hochtonabfall (Hörverlust  $> 30$ ,  $> 40$  und  $> 50$  dB) ab 1 kHz erlitten hatten, in Verbindung mit dem Einsilberversprechen bei 60 dB in der Einteilung variierten. Dagegen stellte das Einsilberversprechen der rechten Ohren bei 80 dB immer dieselbe untere Begrenzung von  $< 45\%$  als beste Möglichkeit dar (Tabelle 52).

Zusätzlich zeigte sich sowohl bei den rechten als auch bei den linken Ohren die Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust  $> 30$  und  $> 40$  dB) ab 3 kHz und dem Einsilberversprechen bei 60 dB mit der Begrenzung  $> 70\%$  als stetig beste Variante. Dieses Ergebnis unterstreicht tendenziell die Aussage von Lehnhardt (1973, 1977; Battmer und Lehnhardt, 1984), dass bei einem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust  $> 40$  dB) ab 3 kHz das Einsilberversprechen für 65 dB bei  $> 70\%$  liegt. Die Abweichung des Einsilberversprechens um 5 dB sollte hierbei vernachlässigt werden.

Bei den rechten Ohren demonstrierten die Hörverluste  $> 30$  und  $> 50$  dB in Verbindung mit dem Einsilberversprechen für 80 dB eine gleichartige Einsilbereinteilung in  $< 45\%$ , 45-85% und  $> 85\%$ . Demgegenüber wiesen die linken Ohren mit den Hörverlusten  $> 40$  und  $> 50$  dB in Kombination mit dem Einsilberversprechen für 80 dB identische Einsilberkombinationen mit  $< 50\%$ , 50-80% und  $> 80\%$  auf. Folglich ist es Fakt, dass weder für die rechten noch für die linken Ohren eine brauchbare Diskriminierung bezüglich des Einsilberversprechens bei 80 dB zu finden war.

Bei Betrachtung der Scatterplots der rechten (Abb. 58, 62 und 66) und linken Ohren (Abb. 60, 64 und 68) lässt sich außerdem beschreiben, dass die kleineren Prozentzahlen des Einsilberversprechens für 80 dB bei allen drei möglichen Anfängen des Hochtonabfalls (ab 1, 2 und 3 kHz) kaum bis gar nicht abgedeckt werden. Dies unterstreicht, dass das Einsilberversprechen bereits ab einer Lautstärke von 80 dB und einem Beginn des Hochtonabfalls ab 1 kHz, welcher einen größeren Hörverlust darstellt als ab 2 oder 3 kHz, besser ist als im direkten Vergleich mit dem Einsilberversprechen bei 60 dB (Abb. 57, 59, 61, 63, 65 und 67). Laut Feldmann (2006) erscheinen die Lautstärken von 80 und 100 dB im Alltag sowieso nur, wenn der Schwerhörige direkt am Ohr oder in nahem Kontakt angesprochen wird.

Die Frequenzen (1, 2 und 3 kHz) für den Beginn des Hochtonabfalls erweisen sich als gut gewählt, da sich in den Vorüberlegungen mit 4 und 6 kHz in Zusammenhang mit dem Einsilberversprechen für 60, 80 und 100 dB keine Diskrimination zeigte. Auch Battmer und Lehnhardt (1984) belegen diese Aussage. Bei der Überprüfung der Probanden, die einen Hochtonabfall (HV  $> 40$  dB) erlitten hatten, kamen sie zu dem Resultat, dass das Einsilberversprechen für 65 dB bei 91,6% lag. Daraus ließ sich folgern, dass ein Hörverlust  $> 40$  dB bei 4 kHz oder höher keinen oder nur einen

geringfügigen Einfluss auf das Einsilberverstehen ausübt und folglich der Beginn des Hörverlustes ab 4 kHz bezüglich des Einsilberverstehens zu vernachlässigen ist.

Die Wahl den Beginn des Hochtonabfalls mit einem Hörverlust ab 30 dB zu testen, zeigte sich neben den Vorüberlegungen, die bei einem Hörverlust  $> 20$  und  $> 60$  dB keine Diskrimination in Bezug auf den Beginn des Hochtonabfalls ab 1, 2 und 3 kHz darlegten, als begründbar. Zusätzlich ist es Tatsache, dass wenn der Hauptsprachbereich von 0,5 bis 3 kHz bereits durch Hörverluste  $> 30$  dB tangiert wird, wahrnehmbare Kommunikationsprobleme anfangen (Plath, 1991).

Die Richtlinien des Gemeinsamen Bundesausschusses (G-BA, 2009) über die Verordnung von Hilfsmitteln in der vertragsärztlichen Versorgung legen neben anderen Anforderungen die Notwendigkeit einer Hörgerätversorgung genau fest. So gilt bei einer einseitigen Schwerhörigkeit, dass der Hörverlust im Tonaudiogramm bei 2 kHz oder bei wenigstens zwei getesteten Frequenzen im Hauptsprachbereich (0,5 bis 3 kHz) mindestens 30 dB betragen muss. Folglich muss bei einer symmetrischen Schwerhörigkeit der Hörverlust im Tonaudiogramm auf dem besser hörenden Ohr 30 dB oder mehr in wenigstens einer der geprüften Frequenzen zwischen 0,5 und 3 kHz betragen.

Diese Gegebenheit untermauerte ebenfalls die Erstellung der Kontingenztafeln mit einem Beginn des Hörverlustes  $> 30$  dB.

Da in vorliegender Studie nur die Gutachtenpatienten herangezogen wurden, ist verständlich, dass das Einsilberverstehen nach den Empfehlungen des Königsteiner Merkblattes (1996) bei den Lautstärken 60, 80 und 100 dB geprüft worden war. Demgegenüber hatte Lehnhardt in seinen Studien (1973, 1977; Battmer und Lehnhardt, 1984) nur schwerhörige Patienten (ohne Gutachten) bei einem Einsilberverstehen für 65 dB geprüft, was normaler Umgangssprache (Mrowinski und Scholz, 2006) entspricht. In weiteren Studien wäre es interessant, dieselben Gutachtenpatienten erneut zu kontaktieren und das Einsilberverstehen bei 65 dB zu untersuchen. Dabei könnte erprobt werden, ob sich bessere bzw. eindeutige Beziehungen zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust  $> 30$ ,  $> 40$  und  $> 50$  dB) ab 1, 2 oder 3 kHz und dem Einsilberverstehen bei 65 dB herstellen lassen. Außerdem wäre noch von Interesse, ob bei der Wahl eines anderen Patientengutes (keine Gutachtenpatienten) empirisch eindeutige Beziehungen zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust  $> 30$ ,  $> 40$  und  $> 50$  dB) ab 1, 2 oder 3 kHz und dem Einsilberverstehen bei 60 und 80 dB entstehen würden.

## 5 ZUSAMMENFASSUNG

Die berufliche Lärmschwerhörigkeit belegt in der Statistik der anerkannten Berufskrankheiten seit Jahren den ersten Platz. Um eine objektive Beurteilung der Antragsteller durch den Gutachter zu gewährleisten, dient das Königsteiner Merkblatt in seiner aktuellen 4. Auflage von 1996, als maßgebendes Werk für die Begutachtung von Lärmschwerhörigkeit. Da bei Gutachtenpatienten davon ausgegangen werden muss, dass die Motivation für Fehlangaben in den subjektiven Tests wie Ton- und Sprachaudiometrie im Hinblick auf eigene Bereicherung vorhanden ist, wird im Königsteiner Merkblatt angeraten die Plausibilität aller Hörbefunde zu überprüfen. Daher wird mitunter definiert, dass der Hörverlust für Zahlen mit dem mittleren Tongehörverlust für die Frequenzen 250, 500 und 1000 Hz (Gruppe A) übereinstimmen muss. Demgegenüber sehen einige Autoren die beste Korrelation des Hörverlustes für Zahlen mit dem Mittelwert aus den Hörverlusten der Frequenzen 500 und 1000 Hz (Gruppe B), während andere die besten Ergebnisse in der Frequenzkonstellation 500, 1000 und 2000 Hz (Gruppe C) bevorzugen.

Als Ziel dieser Arbeit galt herauszufinden welche Frequenzkombination (A, B oder C) für die Berechnung der mittleren Hörverluste im Tonaudiogramm die besten Angaben bzw. die beste Korrelation in Zusammenhang mit dem Hörverlust für Zahlen im Sprachaudiogramm liefert. Zusätzlich war von Interesse, inwieweit eine  $\pm 5$  dB Abweichung zu rechtfertigen ist und ab welchem Wert es sich um eine Aggravation handelt.

In Bezug auf die Überprüfung der festen Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust  $> 40$  dB) ab 1, 2 oder 3 kHz und dem Einsilberversprechen für 65 dB bei Innenohr-hochtonschwerhörigkeit stellte sich die Frage, ob alle Patienten in das vorgegebene Raster passen und wie sich die Verteilung der einzelnen Parzellen gestaltet.

Außerdem sollte untersucht werden, ob eine ähnlich feste Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls und dem Einsilberversprechen für 60 und 80 dB zu finden war.

Das Patientenkollektiv für diese retrospektive Studie formte sich aus drei Vergleichsgruppen, welche aus 80 normalhörenden Patienten, 106 schwerhörigen Patienten und 135 Gutachtenpatienten bestand.

Der Vergleich der mittleren Hörverluste der Frequenzen der Gruppe A, B und C mit dem Hörverlust für Zahlen zeigte, dass Variante A mit 250, 500 und 1000 Hz in allen drei Patientengruppen das beste Ergebnis lieferte und einen signifikanten Unterschied zu den Differenzen der Gruppe B und C aufwies. Die 1-fache bzw. 2,58-fache Standardabweichung, welche 68,3% bzw. 99,0% der Werte beinhaltet, demonstrierte sich bei der Frequenzkombination

der Gruppe A bei den Normalhörenden mit einem Wert zwischen maximal  $\pm 3,1$  bzw.  $\pm 9,4$  dB und bei den Schwerhörigen zwischen maximal  $\pm 4,6$  dB bzw.  $\pm 11,8$  dB. Die Gutachtenpatienten kamen zu einem Wert zwischen maximal  $\pm 5,4$  dB bzw.  $\pm 13,8$  dB.

Die Überprüfung der rechten gegenüber den linken Ohren des normalhörenden Patientengutes präsentierte hinsichtlich gleicher Prüfgrößen (Hörverluste bei 250, 500, 1000 und 2000 Hz; Mittelwerte der Gruppe A, B und C; Hörverluste für Zahlen; Differenzen der Gruppe A, B und C) keine signifikanten Unterschiede. Ebenso konnte eine mittlere Korrelation zwischen den rechten und linken Ohren der Normalhörenden gefunden werden.

Auch die Testung der Gutachten-Untergruppen (Patienten ohne pankochleären Hörschaden gegen Patienten mit pankochleärem Hörschaden und Patienten mit sicherem kochleären Hörschaden gegen Patienten mit unsicherem kochleären Hörschaden) stellten bezüglich der gleichen Prüfgrößen der Differenzen der Gruppe A, B und C keine signifikanten Unterschiede dar.

Der enge Zusammenhang zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust  $> 40$  dB) ab 1, 2 oder 3 kHz und dem Einsilberversuchen bei 65 dB bestätigte sich in großen Teilen bei dem getesteten schwerhörigen Patientengut. Dabei zeigte sich die Beziehung zwischen dem Hochtonabfall (Hörverlust  $> 40$  dB) ab 1 kHz und dem Einsilberversuchen bei 65 dB als am wenigsten eindeutig.

Der Versuch eine ähnlich feste Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust  $> 30$ ,  $> 40$  und  $> 50$  dB) ab 1, 2 oder 3 kHz und dem Einsilberversuchen für 60 bzw. 80 dB auf empirischer Basis bei den Gutachtenpatienten zu finden, zeigte, dass sowohl die rechten als auch die linken Ohren nur bei einem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust  $> 30$  dB) ab 1, 2 oder 3 kHz und einem Einsilberversuchen für 60 dB eine Übereinstimmung im Bezug auf die Einsilberteilung fanden. Diese lag bei  $< 45\%$ , 45 bis 70% und  $> 70\%$ . Eine brauchbare Diskriminierung bezüglich des Einsilberversehens bei 80 dB war insgesamt nicht zu finden.

Schlussfolgernd ist zu unterstreichen, dass bei der gutachterlichen Plausibilitätsprüfung stets der Hörverlust für Zahlen mit dem mittleren Hörverlust aus den Frequenzen 250, 500 und 1000 Hz verglichen werden sollte. Dabei ist zu anmerken, dass die von der Literatur vorgegebene Abweichung von höchstens  $\pm 5$  dB, aufgrund vorliegender Ergebnisse nicht zu starr verwendet werden darf.

Die Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust  $> 40$  dB) ab 1, 2 und 3 kHz und dem Einsilberversuchen bei 65 dB kann weiterhin genutzt werden.

Der Versuch eine Beziehung zwischen dem Beginn des Hochtonabfalls (Hörverlust  $> 30$ ,  $> 40$  und  $> 50$  dB) ab 1, 2 oder 3 kHz und dem Einsilberversuchen bei 60 und 80 dB auf empirische Basis zu

finden, brachte wie bereits erwähnt kein eindeutiges Ergebnis, so dass zusätzliche Untersuchungen, die nicht anhand des Gutachtenpatientengutes stattfinden, von weiterem Interesse wären.



## 6 LITERATURVERZEICHNIS

**Altenburger, K**

Simulationsproben bei den Hörprüfungen.

Laryngol. Rhinol. Otol. (1962) 41: 470-478

**Arnold W, Anniko M**

Structural basis for an isometric contraction of human outer hair cells.

ORL (1989 a) 51: 321-324

**Arnold W, Anniko M**

Supporting and membrane structures of human outer hair cells: evidence for an isometric contraction.

ORL (1989 b) 51: 339-353

**Battmer RD, Lehnhardt E**

Beziehungen zwischen der Tonhörschwelle und dem Einsilberverstehen bei Innenohrhochtonschwerhörigkeit.

HNO (1984) 32: 69-73

**BMAS/BAuA** - Bundesministerium für Arbeit und Soziales in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit 2008. Unfallverhütungsbericht Arbeit.

Dortmund Berlin Dresden, 2010.

**Boenninghaus HG, Lenarz T**

Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde.

13. Aufl. Springer, Heidelberg (2007)

**Brusis T**

Begutachtung der Lärmschwerhörigkeit nach dem neuen Königsteiner Merkblatt. Teil 1: Audiometrie und Diagnose.

HNO (1999) 47: 140-153

**Brusis T**

Berufsbedingte Erkrankungen im Hals-Nasen-Ohren-Gebiet.

Trauma Berufskrankh (2001) 3: 127-130

**Brusis T**

Berufliche Lärmschwerhörigkeit.

Trauma Berufskrankh (2006) 8: 65-72

**Bryden MP**

Ear preference in auditory perception.

J. Exp. Psychol. (1963) 65: 103-105

**Carhart R**

Tests for malingering.

Trans. Amer. Acad. Ophthalmol. Otolaryngol. (1961) 65: 437

**Dallos P**

The active cochlea.

J. Neurosc. (1992) 12: 4575-4585

**DGUV - Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung**

Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG)

Arbeitsmedizinische Gehörvorsorge nach G20 „Lärm“. Dresden, 2010

**Dieroff HG**

Lärmschwerhörigkeit.

3.Aufl. Gustav Fischer, Jena Stuttgart (1994)

**Escher F**

Die otologische Beurteilung des Schädeltraumatikers.

Pract. oto-rhino-laryng. (1948), Suppl. 1

**Feldmann H**

Zur Begutachtung der Lärmschwerhörigkeit.

Z. Laryng. Rhinol. (1972) 51: 230-248

**Feldmann H**

Das Gutachten des Hals-Nasen-Ohren-Arztes.

6. Aufl. Thieme, Stuttgart New York (2006)

**Franzen A**

Hals-Nasen- und Ohrenheilkunde Kurzlehrbuch

3. Aufl. Urban & Fischer in Elsevier, München Jena (2007)

**G-BA - Gemeinsamer Bundesausschuss**

Richtlinie des Gemeinsamen Bundesausschusses über die Verordnung von Hilfsmitteln in der vertragsärztlichen Versorgung. (2009)

**Hamann KF**

Leitfaden der Audiometrie für Arzthelferinnen.

2. Aufl. Biermann, Zülrich (1991)

**Hecker C, Drechsel-Schlund C, Francks HP, Plinske W, Butz M**

Dokumentation des Berufskrankheiten-Geschehens in Deutschland: Daten und Fakten zu Berufskrankheiten: Lärmschwerhörigkeit.

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin (2008)

**HVBG - Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften**

Königsteiner Merkblatt: Empfehlungen des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften für die Begutachtung der beruflichen Lärmschwerhörigkeit.

4. Aufl., Sankt Augustin (1996)

**HVBG - Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften**

Empfehlungen der Unfallversicherungsträger zur Begutachtung bei Berufskrankheiten.

Sankt Augustin (2004)

**Hunter-Duvar IM, Suzuki M, Mount RJ**

Anatomical changes in the organ of Corti after acoustic overstimulation, 3-21

In: Hamernik RP, Henderson D, Salvi R: New Perspectives on Noise Induced Hearing Loss. Raven, New York (1982)

**Jansing PJ**

Berufskrankheit Lärmschwerhörigkeit.

Prakt. Arb.med. (2006) 6: 6-11

**Jerger J**

Audiological findings in aging

Adv. Oto-Rhino-Laryng. (1973) 20: 115-124

**Kaschke O**

Ohr, 3-68

In: Behrbohm H, Kaschke O, Nawka T (Hrsg.): Kurzlehrbuch Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde.

3. Aufl. Thieme, Stuttgart New York (2009)

**Keller F**

Audiometrische Technik.

In: Geers VJ, Keller F, Löwe A, Plath P (Hrsg.): Technische Hilfe bei der Rehabilitation Hörgeschädigter.

2. Aufl. Springer, Berlin Heidelberg New York (1980)

**Kießling J, Kollmeier B, Diller G**

Versorgung und Rehabilitation mit Hörgeräten.

2. Aufl. Thieme, Stuttgart New York (2008)

**Kumpf W**

Ergebnisse von SISI-Test und BÉKÉSY-Audiometrie bei Pseudohypakusis.

HNO (1977) 25: 175-178

**Langenbeck B**

Das überschwellige Gehör des Schwerhörigen und seine Messung auf Grund eigener Versuche.

Z. Laryng. Rhinol. (1949) 28: 463

**Lehnhardt E**

Die Berufsschäden des Ohres.

Arch. Ohr., Nas.- u.- Kehl.-Heilk. (1965) 185: 11

**Lehnhardt E**

Begutachtung der Lärmschwerhörigkeit, 67-86

In: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung, Dortmund (Hrsg.): Lärm im Betrieb.

Nr. 1 Schriftenreihe Arbeitsschutz, Hug & Co Verlag, Wilhelmshaven (1973)

**Lehnhardt E**

Audiometrische Abgrenzung der Altersschwerhörigkeit von der Lärmschädigung des Gehörs.

Forschungsbericht Süddeutsche Eisen- und Stahlberufsgenossenschaft, Mainz (1977)

**Lehnhardt E**

Beziehungen zwischen Ton- und Sprachaudiometrie - Gutachtliche Gesichtspunkte, 73-84

In: Lehnhardt E, Plath P (Hrsg.): Begutachtung der Schwerhörigkeit bei Lärmarbeitern.

Springer, Berlin Heidelberg New York (1981)

**Lehnhardt E, Hesch RD**

Über verschiedene Typen der Innenohrschwerhörigkeit.

HNO (1980) 28: 73-79

**Lehnhardt E, Laszig R**

Praxis der Audiometrie.

8. Aufl. Thieme, Stuttgart New York (2001)

**Lim DJ, Hahamure Y, Ohashi Y**

Structural organization of the outer hair cell wall.

Acta Otolaryngol. (1989) 107: 398-405

**Merker R**

Vestibuläres und auditorisches System, 371-385

In: Hick A, Hick C (Hrsg.): Kurzlehrbuch Physiologie.

4. Aufl. Urban & Fischer, München Jena (2002)

**Mrowinski D, Scholz G**

Audiometrie.

3. Aufl. Thieme, Stuttgart New York (2006)

**Müller D**

Schwerhörigkeit und Schwindel als Folge schädeltraumatischer Labyrinthschädigung.

HNO (1965) 13: 161

**Münker G**

Progrediente Innenohrschwerhörigkeit nach Schädeltrauma.

Z. Laryng. Rhinol. (1972) 51: 506

**Niemeyer W**

Aggravationsprüfungen und objektive Audiometrie, 1-38

In: Ganz H, Schätzle W (Hrsg.): HNO Praxis Heute, Band 4.

Springer, Berlin Heidelberg New York Tokyo (1984)

**Nilsson P, Erlandsson B, Hakanson H, Ivarsson A, Wersäll J**

Anatomical changes in the cochlea of the guinea pig following industrial noise exposure, 69-80

In Hamernik RP, Henderson D, Salvi R (Hrsg.): New Perspectives on Noise Induced Hearing Loss.

Raven, New York (1982)

**Otten H**

Neues zum „Königsteiner Merkblatt“ - Empfehlungen zur Begutachtung der beruflichen Lärmschwerhörigkeit, 39-41

In: DGUV Landesverband Nordost (Hrsg.): Tagungsbericht VII. Potsdamer BK-Tage. Berlin (2009)

**Pilgramm M, Kunick T; Schumann K**

Die Entwicklung des Hörvermögens nach knalltraumatischer Schädigung unter Berücksichtigung des weiteren Beschäftigungsortes.

Laryng. Rhinol. Otol. (1988) 67: 294

**Plath P**

Das Ton- und Sprachgehör bei Lärmschäden des Ohres.

F.K. Schattauer, Stuttgart New York (1971)

**Plath P**

Lärmschäden des Gehörs und ihre Begutachtung.

Schlütersche Verlagsanstalt, Hannover (1991)

**Plath P**

Das Hörorgan und seine Funktion.

5. Aufl. Edition Marhold im Wissenschaftsverlag Volker Spiess, Berlin (1992)

**Probst R, Grevers G, Iro H**

Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde.

3. Aufl. Thieme, Stuttgart New York (2008)

**Radeleff B, Schneider B, Stegen P, Kauffmann GW**

Gerätekunde, 131

In: Kauffmann GW, Moser E, Sauer R (Hrsg.): Radiologie.

3. Aufl. Urban & Fischer in Elsevier, München Jena (2006)

**Röser D**

Sprachgehör und Tonaudiogramm.

Z. Laryngol. Rhinol. (1963) 42: 851-862

**Röser D**

Bestimmung des prozentualen Hörverlustes aus dem Tonaudiogramm.

Z. Laryngol. Rhinol. (1967) 46: 568-577

**Schuknecht HF**

A clinical study of auditory damage following blows to the head.

Ann. Otol. (1950) 59: 331

**Schuknecht HF**

Cupulolithiasis.

Arch. Otolaryng. (1969) 90: 765

**Schuknecht HF, Neff WD, Pearlman HB**

An experimental study of auditory damage following blows to the head.

Ann. Otol. (1951) 60: 273

**v. Schulthess, G**

Innenohr und Trauma.

Fortschr. Hals-Nas.-Ohrenheilk. (1961) 7: 1



**Schultz-Coulon HJ**

Aggravation - Simulation - psychogene Hörstörung, 57-72

In: Lehnhardt E, Plath P (Hrsg.): Begutachtung der Schwerhörigkeit bei Lärmarbeitern.

Springer, Berlin Heidelberg New York (1981)

**Stoll W, Kumpf W**

Aggravation im Sprachaudiogramm.

HNO (1978) 26: 206-212

**Streppel M, Brusis T**

Simulation und Aggravation in der HNO-ärztlichen Begutachtung. Eine prospektive Untersuchung.

HNO (2007) 55 (Suppl 1): E7-E14

**Strutz J**

Innenohr, 298

In: Strutz J, Mann W (Hrsg.): Praxis der HNO-Heilkunde, Kopf- und Halschirurgie.

2. Aufl. Thieme, Stuttgart New York (2010)

**Vogel, K**

Zur Frage der progredienten traumatischen Hörstörungen.

HNO (1954) 4: 161

**Vojacek E**

Ergebnisse der Sprachaudiometrie bei Lärmschäden.

M Schr. Ohrenheilk. (1968) 102: 152-157

**Wagemann W**

Die Praxis der audiologischen Begutachtung (Aggravation und Simulation bei der Tonaudiometrie).

HNO (1956) 5: 326-333

**Wagemann W, Ahlborn J**

Untersuchungen zum Spätverlauf der Schwerhörigkeiten nach Schädeltraumen.

HNO (1965) 13: 256

**Wirth E**

Die Beurteilung von Audiogrammen.

Arch. Ohr.-, Nas.- u. Kehlk.- Heilk. (1937) 142: 164

**Zenner HP**

Motility of outer hair cells as an active actinmediated process.

Acta oto-laryngol. (1988) 105: 39-44

## **7 PUBLIKATIONEN**

### **Originalarbeit:**

**Braun T, Dochtermann S, Krause E, Schmidt M, Schorn K, Hempel JM**

Korrelation von Tonschwellenaudiogramm und Hörverlust für Zahlen. Vergleich dreier Rechenvarianten zur gutachterlichen Plausibilitätsprüfung.

HNO (2011) 59 (9): 908-914

### **Posterpräsentation:**

**Dochtermann S, Hempel JM, Schorn K, Braun T**

Korrelation von Tonschwellenaudiogramm und Hörverlust für Zahlen in der gutachterlichen Plausibilitätsprüfung.

83. Jahresversammlung der Deutschen Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Hals-Chirurgie. Mainz, 16.05.-20.05.2012.

## 8 DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med. Alexander Berghaus (Direktor der Klinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde der Ludwig-Maximilians-Universität München) aufrichtig dafür danken, dass er mir die Durchführung vorliegender Arbeit an seiner Klinik ermöglichte.

Ein herzlicher Dank gilt Frau Prof. Dr. med. Karin Schorn für die freundliche Überlassung des zu begutachtenden Patientengutes aus ihrer HNO-Praxis in Starnberg.

Mein ganz besonderer Dank gilt meinem Betreuer Herrn Dr. med. John Martin Hempel. Er zeigte stets ein offenes Ohr für die kleinen und großen Fragen, die diese Arbeit mit sich brachte und nahm sich trotz stressigem Klinikalltag die Zeit für eine konstruktive Lösungsfindung. Sein unermüdliches Engagement, seine fachliche Kompetenz, seine intensive Betreuung und Unterstützung sind für das Zustandekommen dieser Arbeit von wesentlicher Bedeutung und dafür bin ich ihm sehr dankbar.

Des Weiteren möchte ich Herrn Dr. med. Michael Schmidt für die umfassende Geduld, Beratung und Hilfestellung in Bezug auf die statistisch komplexen Fragestellungen dieser Arbeit meinen großen Dank aussprechen.

Darüber hinaus ist es mir ein großes Anliegen mich bei allen Mitarbeitern der audiologischen Abteilung des Klinikum Großhadern und des Klinikum Innenstadt der Ludwig-Maximilians-Universität München für die immer freundliche und kooperative Hilfe zu bedanken. Hierbei sind insbesondere die Audiometristinnen der Ambulanz des Klinikum Großhadern der LMU zu erwähnen. Mein spezieller Dank gilt Frau Gabriele Flinsberg, die mit ihrer langjährigen Erfahrung eine große Hilfe darstellte. Außerdem möchte ich ebenso Frau Nicole Wolf und Frau Angelika Harle in diesem Sinne danken.

Herrn Dr. Thomas Braun danke ich für die kollegiale Zusammenarbeit in Bezug auf die Anfertigung der Publikationen.

An dieser Stelle möchte ich mich bei meinen Eltern Petra und Wolfram bedanken, die mir meinen bisherigen Lebensweg ermöglichten und mich zu jeder Zeit mit Liebe und Zuspruch unterstützten. Sowohl ihr moralischer und zielorientierter Beistand als auch der Glaube an mich, half entscheidend bei der Vollendung dieser Arbeit.

Meinem Freund Jan danke ich für seine unermüdlichen positiven Ermutigungen. Das Verständnis für den zeitlichen Verzicht sowie seine innere Ruhe gaben mir in einigen Situationen eine wichtige Kraftquelle der Zuversicht.