

Aus der Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde der
Universität München
Vorstand: Prof. Dr. med. Alexander Berghaus

**Über die Resultate
der Rekonstruktion der Gehörknöchelchenkette
mit der Bojrab-Prothese
und die Entwicklung einer neuen Plot-Darstellung**

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

vorgelegt von
Christian W. Lübbers
aus
Hannover

2005

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. Dr. med. habil. G. Rasp

Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. W. Stock
Prof. Dr. med. N. Dieringer

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter: –

Dekan: Prof. Dr. med. D. Reinhardt

Tag der mündlichen Prüfung: 30.06.2005



Meinen Eltern

Si quis habet aures audiendi, audiat!

Mk 4,23

Über die Resultate der Rekonstruktion der Gehörknöchelchenkette mit der Bojrab-Prothese
und die Entwicklung einer neuen Plot-Darstellung

I. Inhalt	8
1 Einleitung.....	11
1.1 Hintergrund und Fragestellung	11
1.2 Aufbau und Funktion des Mittelohrs	12
1.2.1 Anatomie und Topographie der Mittelohrbestandteile	12
1.2.2 Die Bedeutung des Mittelohrs beim Hörvorgang	13
1.3 Pathogenese der Schalleitungsschwerhörigkeit	14
1.3.1 Die akute und chronische Tubenfunktionsstörung	15
1.3.2 Die chronische Mittelohrentzündung	16
1.4 Therapie der Schalleitungsschwerhörigkeit	17
1.4.1 Indikationsstellung zur Hörgeräteversorgung	17
1.4.2 Die gehörverbessernde Operation	18
1.5 Operationsmethoden und Prognosefaktoren	23
2 Patienten, Material und Methoden.....	26
2.1 Studienplanung	26
2.1.1 Setting.....	26
2.1.2 Studiendesign	26
2.1.3 Zielkriterien	26
2.1.3.1 Hauptzielkriterium.....	26
2.1.3.2 Nebenzielkriterium	27
2.1.3.3 Einflussgrößen	27
2.1.4 Einschluss- bzw. Ausschlusskriterien	27
2.1.5 Patientenkollektiv	28
2.1.5.1 Gesamtkollektiv	28
2.1.5.2 Eingeschlossenes Kollektiv	28
2.2 Material	29
2.2.1 Das Audiometer.....	29
2.2.2 Die Bojrab-Prothese	29
2.2.2.1 Design und Materialbeschaffenheit	29
2.2.2.2 Anwendungsmöglichkeit als TORP und PORP	30
2.3 Methoden	33
2.3.1 Ohrmikroskopie.....	33
2.3.2 Reintonaudiometrie	33
2.3.2.1 Hörschwellenbestimmung	33
2.3.2.2 Audiogramm	34
2.3.3 Berechnung des mittleren Hörverlusts (pure tone average).....	34
2.3.4 Bestimmung des Anteils erfolgreicher Operationen	35
2.3.4.1 Postoperative Schalleitungskomponente (residual air-bone gap).....	36
2.3.4.2 Amsterdam Hearing Evaluation Plots	36
2.3.4.3 Eigene Kriterien: Die Munich Audio Plots (MAP).....	38
2.3.5 Statistik.....	42
2.3.5.1 Deskriptive Statistik	42
2.3.5.2 Vergleichende Statistik.....	42
2.3.5.3 Darstellung.....	42

3	Ergebnisse.....	43
3.1	Ergebnisse der audiometrischen Untersuchung.....	43
3.1.1	Hörschwellenbestimmung.....	43
3.1.2	Mittlerer Hörverlust (Pure Tone Average).....	45
3.1.3	Ergebnisse der Erfolgsbeurteilung.....	47
3.1.3.1	Postoperative Schalleitungskomponente.....	47
3.1.3.2	Amsterdam Hearing Evaluation Plots.....	49
3.1.3.3	Munich Audio Plots.....	54
3.1.4	Gegenüberstellung der Ergebnisse.....	61
3.2	Klinische Resultate.....	61
4	Diskussion.....	63
4.1	Studiendesign.....	63
4.2	Methodik.....	63
4.2.1	Amsterdam Hearing Evaluation Plots.....	64
4.2.2	Munich Audio Plots.....	65
4.3	Interpretation der audiologischen Ergebnisse.....	66
4.3.1	Postoperative vs. präoperative Hörschwelle.....	66
4.3.2	3-FQ-PTA vs. 4-FQ-PTA.....	66
4.3.3	TORP vs. PORP.....	67
4.3.4	Otitis media chronica mesotympanalis vs. epitympanalis.....	68
4.4	Interpretation der Erfolgsbeurteilung.....	68
4.5	Interpretation der klinischen Ergebnisse.....	69
4.6	Vergleichende Untersuchungen.....	69
5	Zusammenfassung.....	72
	II. Abkürzungsverzeichnis	74
	III. Literaturverzeichnis	75
	IV. Lebenslauf	84
	V. Danksagung	85
	VI. Ehrenwörtliche Erklärung	86

1 Einleitung

1.1 Hintergrund und Fragestellung

Unterschiedlichste pathologische Prozesse können zu dem Krankheitsbild einer chronischen Mittelohrentzündung führen. Die chronischen Schleimhaut- bzw. Knocheneiterungen des Mittelohrs führen durch den dauerhaft bestehenden Trommelfellddefekt regelmäßig zu foetidem Ohrfluss und aufgrund der fortschreitenden Zerstörung der Gehörknöchelchenkette zu einer zunehmenden Schallleitungsschwerhörigkeit.

Die Operation soll den pathologischen Prozess beseitigen und durch die Wiederherstellung des Trommelfells und der Gehörknöchelchenkettenskontinuität im Rahmen einer Tympanoplastik Typ III zu einer zufriedenstellenden Hörschwelle führen. Dazu stehen Prothesen unterschiedlichster Materialzusammensetzung und Form zur Auswahl.

Um klinisch und funktionell gute Langzeitergebnisse zu liefern, muss eine Gehörknöchelchenprothese gute Biokompatibilität und gute Schallwellenübertragung gewährleisten. Es liegen zahlreiche Studien vor, die über die erfolgreiche Verwendung von Metall-, Kunststoff- oder Keramikprothesen berichten.

Obwohl zwischenzeitlich bestimmte Materialien - wie aktuell die Titan Prothese - in den Vordergrund der Untersuchungen treten, existieren auch 50 Jahre nach Einführung der Tympanoplastik durch Wullstein und Zöllner immer noch keine eindeutigen Empfehlungen zu Gunsten eines bestimmten Materials bzw. eines bestimmten Prothesendesigns.

Die vorliegende Arbeit präsentiert die funktionellen und klinischen Resultate der Hydroxylapatit-Silikon-Prothese nach Bojrab, welche an der *Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde der Ludwig-Maximilians-Universität München* seit über fünf Jahren in ca. 100 Operationen pro Jahr bei Typ III Tympanoplastiken eingesetzt wird.

Ein abschließender Vergleich mit Untersuchungen über Titan-Prothesen soll prüfen, ob ein weiterer Einsatz der Bojrab-Prothese gerechtfertigt ist. Da solche Metaanalysen aufgrund von unterschiedlichen Patientenkollektiven und Erfolgskriterien schwierig sind, besteht ein weiteres Ziel dieser Arbeit in der Entwicklung einer neuen kollektivunabhängigen Methode zur Evaluation von gehörverbessernden Operationen, welche die Veröffentlichung von Hörergebnissen transparenter, anschaulicher und vergleichbarer machen soll.

1.2 Aufbau und Funktion des Mittelohrs

1.2.1 Anatomie und Topographie der Mittelohrbestandteile

Trommelfell und Mittelohr bilden eine funktionelle Einheit, die gut geschützt an der Außenseite des pyramidenförmigen Felsenbeins liegt [Feneis 1998].

Das Trommelfell grenzt die Paukenhöhle gegen den äußeren Gehörgang ab. Es handelt sich um eine ovale Membran, deren größter Teil (Pars tensa) durch einen Ring aus Faserknorpel (Anulus fibrosus) gespannt wird, während die wesentlich kleinere, weiter kranial liegende Pars flaccida (Shrapnell Membran) ungespannt bleibt, da hier Anulus fibrosus und Stratum fibrosum fehlen [Schiebler, Schmidt, Zilles 1997].

Das Mittelohr ist ein System lufthaltiger und mit Schleimhaut ausgekleideter Räume. Die zentral gelegene Paukenhöhle steht am Antrum mastoideum mit den Warzenfortsatzzellen und über die Ohrtrumpete mit dem Epipharynx in Verbindung [Benninghoff 1994].

Die Paukenhöhle wird relativ zum Bezugspunkt Trommelfell in die drei Etagen Epitympanon, Mesotympanon und Hypotympanon eingeteilt [Feneis 1998]. Im Meso- und Epitympanon

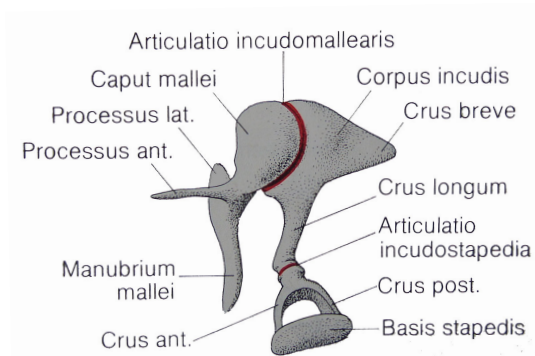


Abb. 1-1 Gehörknöchelchenkette Hammer, Amboß und Steigbügel dienen der Schallübertragung zwischen Trommelfell und ovalem Fenster des Innenohrs [Schiebler et al. 1997]

sind die drei Gehörknöchelchen Hammer, Amboß und Steigbügel durch Bindegewebe miteinander zur Gehörknöchelchenkette verbunden. Der Hammer ist an der Außenfläche des Manubrium mallei bis zum Processus lateralis mit dem Trommelfell verwachsen und dient am Collum mallei als Ansatzpunkt für den M. tensor tympani [Schiebler, Schmidt, Zilles 1997]. Der Steigbügel besteht aus Caput stapedis, Basis stapedis und den dazwischen

liegenden Crura anterius et posterius. Der M. stapedius inseriert am Steigbügelkopf, welcher wiederum gelenkig mit dem Processus lenticularis des Amboss verbunden ist. Durch das Ligamentum anulare stapediale fügt sich die Steigbügelfußplatte in das ovale Fenster ein [Feneis 1998].

In direkter Nachbarschaft zu den Gehörknöchelchen wird die Paukenhöhle von der Chorda tympani des N. facialis durchzogen. Sie verläuft unter der Schleimhaut des Mittelohrs und liegt dem Trommelfell zwischen Pars tensa und Pars flaccida an [Lang et al. 1987].

1.2.2 Die Bedeutung des Mittelohrs beim Hörvorgang

Da sich der eigentliche Rezeptor für den Hörvorgang, das Corti-Organ, in der flüssigkeitsgefüllten Cochlea des Innenohrs befindet, besteht die zentrale Funktion von Trommelfell und Mittelohr in Drucktransformation, Druckverstärkung und Anpassung der Schallwellenwiderstände beim Übergang der Schallwellen vom Medium Umgebungsluft auf das Medium Endolymphflüssigkeit [Keidel 1975, Lehnhardt 1987]. Eine weitere und ebenfalls sehr wichtige Funktion wird als Schallschutz bezeichnet [Platting 1975]. Dabei werden kurzfristige Schallstöße, sowie Höreindrücke bei Bewegungseinwirkungen unterbunden.

Schallwellen breiten sich dreidimensional als Druckwelle um den Sender herum aus. Über- und Unterdruckbereiche der Luft gelangen als Longitudinalwellen bis in den äußeren Gehörgang, treffen auf das Trommelfell und versetzen dieses in Schwingung. Die Schallenergie wird auf diese Weise mechanisch vom Trommelfell an die Gehörknöchelchen Hammer, Amboss und Steigbügel weitergegeben. Bedingt durch die bindegewebige Aufhängung der Steigbügelfußplatte im ovalen Fenster löst der Steigbügel mit kleinsten kolbenartigen Bewegungen hydromechanische Schwingungen in der mit Perilymphe gefüllten Scala vestibuli des Innenohrs aus [Keidel 1975, Lehnhardt 1987].

Hebel- und Flächenverhältnis von Trommelfell zu Steigbügelfußplatte erzeugen eine zwanzigfache Druckverstärkung und wirken damit Reflexionsverlusten an der Mediengrenze Luft - Endolymphflüssigkeit entgegen [von Békésy 1936]. Dieser als Impedanzanpassung bezeichnete Vorgang ist von der Beweglichkeit der Gehörknöchelchenkette, der Steifigkeit des Trommelfells und vom Mittelohrdruck abhängig [Lehnhardt 1987].

Neben der Aufhängung und Massenverteilung der Gehörknöchelchen sind auch die Mittelohrmuskeln am Schallschutz beteiligt. Die Kontraktion des M. stapedius führt zu einer Verkipfung des Steigbügels im ovalen Fenster und dämpft die Schallübertragung. Bei lauten Schallereignissen stellt dieser Wirkmechanismus den efferenten Schenkel des Stapediusreflexes dar, während ein Ausfall zu einer Hyperakusis führen kann. Der M. tensor tympani zieht das Trommelfell am Hammerhals nach innen und vergrößert damit über einen erhöhten Schallwellenwiderstand die Trommelfellreflexion. Beide Muskeln schränken ferner durch Kettenstauchung die Bewegungsmöglichkeit der einzelnen Knöchelchen gegeneinander ein, so dass störende Obertonfrequenzen (Klirreffekt) verringert werden [Klinke 1996, Golenhofen 1997].

Als offene Verbindung des Mittelohrs zum Nasen-Rachen-Raum sorgt die Tuba Eustachii in der Paukenhöhle für eine Druckanpassung an den herrschenden Umgebungsluftdruck. Gleiche

Luftdrücke auf beiden Trommelfellseiten sind Voraussetzung für eine optimale Schwingungsfähigkeit des Trommelfells [Lehnhardt 1987].

1.3 Pathogenese der Schalleitungsschwerhörigkeit

Schwerhörigkeit ist ein Symptom, welches anhand der Pathogenese in konduktive, sensorineurale, kombinierte und zentrale Formen eingeteilt wird [Boenninghaus et al. 2001].

Die Schalleitungsstörung tritt als konduktive Form der Schwerhörigkeit bei Verlegung des Gehörgangs, sowie bei Erkrankungen, Verletzungen und Missbildungen des Mittelohrs auf. Sie zeichnet sich in der Tonschwellenaudiometrie durch eine normale Knochenleitungsschwelle und eine deutlich reduzierte Luftleitungsschwelle aus. Bei freiem Gehörgang gilt die als Schalleitungskomponente bezeichnete Differenz zwischen Luft- und Knochenleitungsschwelle als Maß für die Schwere der Mittelohrschwerhörigkeit [Lehnhardt 1987]. Pathophysiologisch liegt dieser eine verminderte Verstärkung des Schalldruckes durch das Trommelfell bzw. die Gehörknöchelchen zugrunde. Nach von Békésy [1936] führen das Trommelfell mit einer Verstärkung von 17 zu 1 und die Gehörknöchelchenkette mit einer zusätzlichen 1,3-fachen Verstärkung zu einer zweiundzwanzigfachen Gesamtverstärkung des Schalldruckes.

Somit führen Tubenfunktionsstörungen und chronische Mittelohrentzündungen durch eine Bewegungseinschränkung bzw. eine dauerhafte Perforation des Trommelfells zu einer deutlichen Schalleitungsschwerhörigkeit, welche sich im Rahmen der fortschreitenden Krankheit durch die Beteiligung der Gehörknöchelchen mit Adhäsivprozessen, Fixationen und Arrosionen noch verschlechtert und schließlich bei einer vollständigen Kettenunterbrechung maximal ausgeprägt ist.

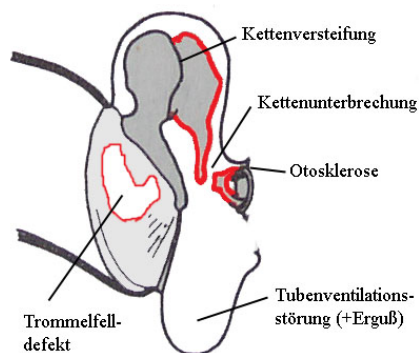


Abb. 1-2 Pathogenese der Schalleitungsschwerhörigkeit Bleibender Trommelfelldefekt, Fixierungen der Gehörknöchelchenkette, traumatische und entzündliche Kettenunterbrechungen oder Otosklerose führen ebenso wie Tubenventilationsstörungen zu dem klinischen Bild einer Schalleitungsschwerhörigkeit. (Abbildung modifiziert und ergänzt nach Lehnhardt [1987])

1.3.1 Die akute und chronische Tubenfunktionsstörung

Tubenfunktionsstörungen sind maßgeblich an der Pathogenese und Ausprägung der meisten Schalleitungsschwerhörigkeiten beteiligt [Dobay, Renovanz 1980].

Neben entzündlich oder allergisch bedingten Schleimhautschwellungen können auch adenoid Vegetationen, Gaumenanomalie oder Nasenrachenraumtumoren zu Tubenfunktionsstörung führen. Die Einengung des Tubenlumens verringert den Luft- und Druckausgleich zwischen Mittelohr und Außenluft und führt durch Luftresorption im Mittelohr [Poltzer 1887] zu einem Unterdruck in der Paukenhöhle. Das Trommelfell wird durch den Druckgradienten nach innen gewölbt, so dass dessen Bewegung und damit die Schallübertragung eingeschränkt sind.

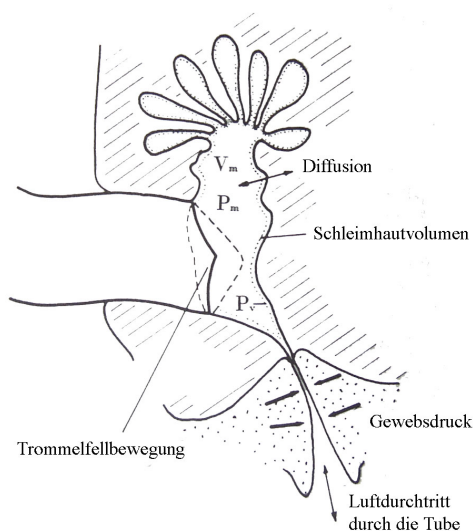


Abb. 1-3 Druck und Volumen im Mittelohr Bei verschlossener Tube nimmt durch Resorption (Diffusion) die Gasmenge im Mittelohr ab. Diese Druckminderung wirkt sich auf die dynamische Regulation des Mittelohrvolumens aus, so dass sich das Trommelfell einstülpt und die Schleimhaut anschwillt. Dadurch entsteht ein neues Gleichgewicht mit verkleinertem Mittelohrvolumen [Feldmann 1973].

Bei anhaltender Tubenfunktionsstörung entsteht durch sekretorische Umwandlung des Paukenhöhlenepithels ein Seromukotympanon. Rezidivierende Otitiden mit Perforationen hinterlassen atrophe Narben im Trommelfell und begünstigen ausgeprägte Retraktionen, so dass es bei Verklebung des Trommelfells mit den Gehörknöchelchen zu einem Adhäsivprozess und bei Epithelabschilferungen zu einem Retraktionscholesteatom kommen kann. Weitere Folgen können Paukenfibrose, Tympanosklerose und Versteifung der Gehörknöchelchenkette sein.

Bei virulenten Infektionen mit fortbestehender Tubenfunktionsstörung kann es zu Trommelfeldefekten kommen, die nicht mehr ausheilen und somit in eine chronische Mittelohrentzündung übergehen.

1.3.2 Die chronische Mittelohrentzündung

Die chronische Mittelohrentzündung zeigt sich klinisch durch einen dauerhaft bestehenden Trommelfelldefekt mit oder ohne irreversible Veränderung des Mittelohrs.

Eine bleibende Perforation kann bei schlecht verheilenden Verletzungen des Trommelfells (z.B. durch Wattestäbchen, Metalltropfen beim Schweißen, Tieftauchen oder Explosionsstraumen), sowie bei und nach Mittelohrerkrankungen (z.B. bei Tubenfunktionsstörungen, Cholesteatomen oder nekrotisierenden Otitiden bei Scharlach, Masern und Wegener-Granulomatose) auftreten.

Man unterscheidet zwei Formen der chronischen Mittelohrentzündung: die chronische Schleimhauteiterung und die chronische Knocheneiterung.

Bei der chronischen Knocheneiterung greift die Entzündung auf die benachbarten knöchernen Strukturen über und führt typischerweise über eine Zerstörung des Anulus fibrosus zu randständigen Pars tensa Defekten und durch die epitympanale Ausbreitung zu Läsionen im Bereich der Pars flaccida des Trommelfells, die in den meisten Fällen mit einem Cholesteatom einhergehen. Da sich klinisch aber kaum unterscheiden lässt, ob der Defekt durch ein Retraktionscholesteatom [Witmaack 1933] entstanden ist oder ob erst eine infektionsbedingte randständige Plattenepitheleinwanderung [Friedmann 1955, Wright et al. 1985, Masaki et al. 1989] die Entstehung eines sekundären Cholesteatoms möglich gemacht hat, stellt man zusammenfassend bei einem randständigen epitympanalen Trommelfelldefekt die klinische Diagnose einer chronischen epitympanalen Otitis media (eOMC) [Boenninghaus und Lenarz, 2001].

Im Rahmen einer chronischen Schleimhauteiterung bleibt dagegen die Entzündung auf die Schleimhaut des Mittelohrs beschränkt und führt als Komplikation meist nur zu Arrosionen der Gehörknöchelchenkette und nur selten zu ausgeprägten knöchernen Destruktionen, so dass es lediglich zu einer zentralen Perforation im Bereich der Pars tensa kommt und man hierbei von einer chronischen mesotympanalen Otitis media (mOMC) spricht [Boenninghaus und Lenarz, 2001].

Die entzündliche und die zerstörerische Komponente der mOMC und der eOMC zeigen sich klinisch durch eine starke Schallleitungsschwerhörigkeit und rezidivierend schleimig-eitriger Sekretion aus dem Trommelfelldefekt, die bei der eOMC meist schon jahrelang bestehend und stark fötide ist. Über Ohrenscherz wird bei beiden Formen nur selten geklagt. Weitere Komplikationen der eOMC sind die Knochendestruktion Richtung Innenohr und Fazialiskanal, die mit Schwindel, Ertaubung und Fazialisparese einhergehen können.

Mc Kenzie [1930] führt diese Knochenresorption als Komplikation der chronischen Otitis media bzw. des in einem Drittel [Nager 1925] gleichzeitig vorhandenen Cholesteatoms auf Drucknekrosen zurück. Grippaudo [1958] und Pollock [1959] fanden Osteoklasten und Gefäße in den entzündeten Knochenarealen. Harris [1962] machte das lockere subepitheliale Bindegewebe, welches auch unabhängig von Cholesteatomen im Granulationspolyp vorkommt, für die Knochendestruktion verantwortlich.

1.4 Therapie der Schalleitungsschwerhörigkeit

Eine beginnende Schalleitungsschwerhörigkeit kann im Alltag zunächst durch lauter gedrehte Radio- und Fernsehgeräte und vor allem durch lauter sprechende Mitmenschen und „Mundablesen“ kaschiert werden. Hörgeräte können in diesem Sinne ebenfalls nur eine symptomatische Therapie darstellen. Kausale Therapien erreichen die operative Wiederherstellung der Schalleitungskette mittels Myringo-, Tympano- bzw. Ossikuloplastik.

Da unter anderem Seitenbeziehungen zwischen Septumdeviationen und homolateralen Ohrbefunden existieren [Lübbers 1973], kann in Hinblick auf die Pathogenese und den hohen Stellenwert eines gut belüfteten Mittelohrs auch die Kombination mit einer Adenotomie, Septumplastik oder Conchotomie sinnvoll sein [Kley 1976].

1.4.1 Indikationsstellung zur Hörgeräteversorgung

Die *Deutsche Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Halschirurgie* erstellte 1998 im Rahmen der *Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften* (AWMF) eine Leitlinie zur Hörgeräteversorgung, in der vor allem auf Indikationsstellung, Verordnung, Anpassung, Kontrolle und Nachsorge eingegangen wird.

Demnach wird die Notwendigkeit einer Hörgeräteversorgung aus medizinischer Sicht erst als gegeben angesehen, wenn eine operative Hörverbesserung nicht möglich, nicht Erfolg versprechend oder vom Patienten unerwünscht ist.

Eine Empfehlung sollte erst erfolgen, wenn bei einseitiger Schwerhörigkeit der Hörverlust im Tonaudiogramm entweder bei der Prüffrequenz 2000 Hz oder in mindestens zwei der Prüffrequenzen 500 Hz, 1000 Hz bzw. 3000 Hz größer als 30 dB ist. Bei beidseitiger Schwerhörigkeit sollte sowohl der Hörverlust im Tonaudiogramm in mindestens einer der Prüffrequenzen 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz bzw. 3000 Hz größer als 30 dB als auch das Einsilberverstehen bei 65 dB Sprachschallpegel geringer als 80 % sein [AWMF 1998].

Das Ausweichen auf ein Hörgerät ist streng kontraindiziert, wenn sich hinter dem Symptom der Schwerhörigkeit eine bedrohliche Krankheit, wie z.B. das bereits oben erwähnte Cholestatom oder das Akustikusneurinom verbirgt [Niemeyer 1980].

1.4.2 Die gehörverbessernde Operation

Die Operationsindikation wird in erster Linie durch die potentiellen Gefahren des vorliegenden Krankheitsprozesses bestimmt [Nissen et al. 1996]. Das Cholesteatom der chronisch epi-tympanalen Otitis media ist konservativ nicht zu heilen, sondern muss mitsamt dazugehöriger Matrix und Granulationsgewebe vollständig entfernt werden. Audiologische Aspekte dürfen dabei nur sekundär am ehesten im Sinne einer Gehörerhaltung berücksichtigt werden. Im Gegensatz dazu steht bei einer reizlosen chronischen mesotympanalen Otitis media die Hörverbesserung durch Trommelfellverschluss und Kettenrekonstruktion im Vordergrund.

Als akustische Indikation wird der Verlust des „sozialen Gehörs“ (Silverman) mit einer Schalleitungskomponente über 35 dB im Hautsprachbereich angesehen [Strauss 1979]. Nach Kley [1976] besteht die audiologische Indikation bereits ab einem Schalleitungsanteil von mehr als 15 dB. Der Schallempfindungsanteil solle dabei bis 3000 Hz 30 dB nicht überschreiten. Eine weitere Indikation zur Tympanoplastik besteht, wenn ein Ohr „hörgerätaefähig“ gemacht werden soll.

Vor Entdeckung und Einsatz von Sulfonamiden ab 1932, Penicillinen ab 1941 und Streptomycin als Aminoglykosid ab 1943 waren die Erreger von akuten und chronischen Mittelohrentzündungen nicht antibiotisch zu bekämpfen. Komplikationen traten häufiger auf und machten potentiell lebensbedrohliche Verläufe wahrscheinlicher. Die akute Mastoiditis und das chronisch Eiter produzierende Mittelohr erforderten häufiger und dringender notfallmäßige bzw. radikalere Operationen, um die Entstehung von Meningitis, endokraniellen Abszessen, Sinusvenenthrombosen oder Sepsis zu verhindern. Das primäre Ziel durch Ausräumen von Mittelohr und Mastoid [Schwartz und Eysell 1873] als weite, gut zugängliche „Radikalhöhle“ ein „sicheres“, rezidivfreies Ohr zu schaffen, führte in der Anfangszeit der Ohrchirurgie zu einem „trockenem“, „pflegeleichten“ (Plester), aber stark schwerhörigen und fast funktionslosem Ohr.

Weniger radikal zu operieren, indem Teile des Schalleitungsapparates im Mittelohr verbleiben und damit den Versuch zu unternehmen, die Funktion des Mittelohrs wenigstens teilweise zu erhalten oder wiederherzustellen [Kessel 1888, Stacke 1891], wurden im frühen 19. Jahrhundert von Autoritäten vehement abgelehnt, so dass es erst ca. 50 Jahre später zum Durchbruch der funktionellen Ohrchirurgie kam.



Abb. 129.
Künstliches Trommelfell n. Toynbee.

Abb. 1-4 Künstliches Trommelfell nach Toynbee Originalabbildung und Beschreibung aus G. Brühl [1905]: *Ohrenheilkunde*. Lehmann Verlag, München. „Die Patienten können es mit einer geeigneten Pinzette selbst einführen lernen. Man muß die zur Schallübertragung bestgelegene Stelle ausprobieren, da die entstehende Hörverbesserung je nach dem Ort, an welchem das künstliche Trommelfell gelegt wird, wechselt. Hat sich der Patient an dasselbe gewöhnt, kann er es den ganzen Tag tragen.“

Die Otologen Moritz, Wullstein und Zöllner beschrieben zwischen 1950 und 1954 [Moritz 1950-52, Wullstein 1953-60, Zöllner 1954-57] separat voneinander ähnliche Operationen zur Schallprotektion des runden Fensters und zur Wiederherstellung der Schalldruckübertragung auf das ovale Fenster. Wullstein schuf mit den 5 Typen der Tympanoplastik eine „weltweit akzeptierte Operationsmethode, mit der alle Grade der Zerstörung der Schallleitungskette, sowie Missbildungen und traumatische Läsionen behandelt werden konnten“ [Plester und Zöllner 1980]. Mit der Tympanoplastik [Wullstein 1953] bzw. den Schallleitungsplastiken [Zöllner 1954] wurde erstmals ein umfassendes Operationssystem zur sanierenden und gleichzeitig funktionsverbessernden Ohrchirurgie vorgestellt. Zöllner stellte bei Nachuntersuchungen radikal operierter Ohren fest, dass es bei spontanem narbigem Kontakt zwischen Trommelfell und Steigbügelkopf zu einem guten, fast normalen Hörvermögen kommt und prägte dafür den Begriff „Columella-Effekt“. Diese Situation konnte Wullstein operativ mit der so genannten klassischen Typ III Tympanoplastik erreichen, indem das Trommelfelltransplantat nach Entfernung von defektem Malleus und Incus direkt auf das Stapesköpfchen gestellt wurde. Durch die Verlagerung des Mesotympanons Richtung Promontorium entsteht eine nur kleinvolumige „flache Pauke“ [Wullstein 1953]. In 20 % der 177 von Wullstein bis 1951 durchgeführten Typ III Tympanoplastiken lag die postoperative Schallleitungskomponente unter 15 dB („gutes Ergebnis“) und in 60 % zwischen 15 dB und 30 dB („zufriedenstellendes Ergebnis“). Ein Nachteil des klassischen Typ III mit „flacher Pauke“ war die damit verbundene gesteigerte Gefahr von Adhäsivprozessen [Wullstein 1956 a], indem sich das Trommelfell vollständig über den Steigbügel stülpt und die erreichten audiologischen Ergebnisse zunichte macht. Wenn sich dagegen die operativ induzierte Verwachsung vom Trommelfell und Steigbügelkopf wieder löste, entstand das so genannte „Wechselgehör“. Um mehr Stabilität und eine sichere Funktion zu erreichen, hatten die Erstbeschreiber der Tympanoplastik erkannt, dass für einen langfristigen Hörgewinn die Schaffung einer großvolumigen „hohen Pauke“ wichtig war. Der klassische Typ III (danach Typ IIIa genannt) wurde abhängig vom Stapes Zustand als Typ IIIb mit Stapeserhöhung (bei intaktem Stapes) und als Typ IIIc mit vollständiger Ersatzkolumella (bei defektem Stapes Überbau) modifiziert. Zur Über-

brückung des freien Raumes zwischen Trommelfellebene und (Rest-) Stapes mussten geeignete Interponate für die Schalltransformation gefunden werden.

Generell kann dabei zwischen biologischen und künstlich hergestellten (alloplastischen) Materialien unterschieden werden. Die biologischen Materialien können prinzipiell vom Patienten selber (autologes Material), von anderen menschlichen Individuen (homologes Material) oder von Tieren (xenogenes [heterologes] Material) stammen. Dabei stehen als autologes Material Gehörknöchelchenreste, Knochenspäne und Knorpel und als homologes Material Dentinprothesen und aufbereitete Gehörknöchelchen [Wehrs 1985] zur Verfügung. Xenogenes Material findet derzeit bei der Tympanoplastik keine Anwendung [Geyer 1999]. Zu der großen Gruppe der alloplastischen Materialien gehören heute unter anderem Prothesen aus Aluminiumoxyd, Glaszement, Polyethylen, Hydroxylapatit, Gold oder Titan.

Die ersten Rekonstruktionen der Gehörknöchelchenkette mit körperfremdem Palavit [Wullstein 1953], Supramid [Kley 1955], Polyethylenröhrchen [Shea 1958, House 1960, Berger 1969], Teflon [Glaninger 1970] und metallischen Implantaten [Palva et al. 1971] wurden wegen Abstoßungsreaktionen, Extrusionen und Labyrinthschäden zugunsten von autologem Material [Hall und Rytznar 1957] verlassen. Autotransplantate des Hammerkopfes [Wullstein] sowie des Ambosskörpers [Zöllner 1955] wurden gerne als Steigbügelhöhung verwendet. Zunächst im Rahmen der Operation entfernte Gehörknöchelchen wurden zurecht geschliffen und konnten für den Kettenwiederaufbau genutzt werden. Wenn diese durch vollständige Zerstörung oder Cholesteatomüberzug nicht zur Verfügung standen, wurde von Zöllner [1955] die Verwendung von Kortikalisknochen des Planum mastoideum und von House [House et al. 1966] die Verwendung von homologen Ossikeln vorgeschlagen. Die Verwendung von Knorpel der Ohrmuschel bzw. des Nasenseptums als Ersatzkolumella [Utech 1961, Jansen 1962] wurde aufgrund von Erweichungen, Erosionen und Ausdünnungen [Steinbach 1972, Smyth et al. 1977] in Hinblick auf die Langzeitstabilität unterschiedlich diskutiert.

Die Verwendung von homologen Transplantaten war zunächst nur eingeschränkt möglich, bevor (zumindest in den USA) Gehörknöchelchenbanken angelegt und aufbereitete homologe Transplantate kommerziell vertrieben wurden. Die allgemeine Angst vor einer möglichen HI-Virus oder Creutzfeldt-Jakob Übertragung spiegelte sich unter anderem in Artikeln von Glasscock IIIrd et al. [1988] und Wehrs [1995] wieder. Diese diskutierten die theoretische Gefahr einer Übertragung und wiesen darauf hin, dass mit den bisherigen Aufbereitungsmethoden eine Inaktivierung der Erreger nicht erreicht würde, konnten aber weder eine Übertragung beweisen noch ausschließen.

In den ca. 50 Jahren seit Einführung der Tympanoplastik sind zahlreiche Änderungen und Verbesserungen an Material und Methodik angegeben worden. Da das Verfahren der intraoperativen Selbstanfertigung des Interponats durch den Operateur Zeit beansprucht und in einigen Fällen geeignetes körpereigenes bzw. gespendetes Ersatzmaterial völlig fehlt, wurden von zahlreichen Autoren der Einsatz industriell vorgefertigter Prothesen aus verschiedenen alloplastischen Fremdmaterialien z.B. Proplast [Shea und Homsy 1974], Plastipore [Shea und Emmett 1978], Ceravital oder Bioglas [Reck 1981] empfohlen.

Die standardisierte Vorfertigung macht es nötig, die Prothesen nach der intraoperativen Verwendung zu klassifizieren. Soll die Gehörknöchelchenprothese bei defektem Steigbügel die komplette Strecke von Trommelfellebene zur Steigbügel Fußplatte im Sinne einer Tympanoplastik Typ IIIc überbrücken, wird eine so genannte total ossicular replacement prosthesis (TORP) benötigt. Bei vorhandenem und intaktem Stapes wird für eine Steigbügelerhöhung im Sinne einer Tympanoplastik Typ IIIb lediglich eine partial ossicular replacement prosthesis (PORP) benötigt.

Einheilungsstörungen mit Abstoßungsreaktionen und Extrusionen sowie Fixationsprobleme mit Verkippungen und Dislokationen wurden immer wieder zum Anlass genommen, neue Materialien, Methoden und Prothesendesigns in Tierversuchen und klinischen Studien zu erproben.

Grote veröffentlichte 1987 als Erster Resultate der Gehörknöchelchenkettensrekonstruktion mit Hydroxylapatit [Grote 1987], nachdem in vitro und in vivo Testungen gute Ergebnisse gezeigt hatten [Grote et al. 1986, Grote 1986]. Bei 145 Patienten setzte er diese Prothese als Incus bzw. als Incus und Stapes Ersatz ein und konnte ausnahmslos von konstantem postoperativem Hören und extrusionsfreiem Einheilen berichten. Eine verbleibende Schalleitungskomponente von höchstens 20 dB wurde in 83,3% der 120 Patienten mit Incus Prothese und in 68% der 25 Patienten mit Incus/Stapes Prothese erreicht. Grote führt diese guten Einheilungsergebnisse auf die Bioaktivität von Hydroxylapatit durch die gleiche chemische Grundformel wie menschliche Knochenmatrix zurück. Ein weiterer Vorteil sei, dass dieses Prothesenmaterial das intraoperative Bearbeiten mit dem Bohrer analog zu autologen bzw. homologen Ossikeln zulässt. Wehrs [1989, 1991], Black [2002] und Goldenberg [1990, 1992, 1994] entwickelten eigene Prothesen aus Hydroxylapatit, die die guten Ergebnisse Grotes bestätigten. Die Stabilität der Prothese wird durch eine fibröse Kapsel erreicht, die sich um das Implantatmaterial bildet [Goldenberg et al. 2000].

In Weiterentwicklungen - wie auch bei der hier untersuchten Bojrab Prothese - wurde der Prothesenschaft mit anderen Materialstoffen ergänzt, um das intraoperative Bearbeiten

(„Trimmen“) splitterfrei und bruchsicherer zu machen, ohne dabei jedoch auf die bioaktiven Eigenschaften von Hydroxylapatit verzichten zu müssen.

Goldenberg und Emmet [2001] dokumentierten den Vormarsch der Hydroxylapatitprothesen zwischen 1989 und 1999 mit Umfragen unter den Mitgliedern der *American Otological Society* und der *American Neurotology Society* nach deren Einsatz und Präferenz von Prothesenmaterial. Demnach wurde Hydroxylapatit 1989 - nur zwei Jahre nach der Einführung - schon von 9% und 1999 von 82% (n=248) der Mitglieder genutzt und löste damit eindrucksvoll Knochen und Knorpel als bevorzugte Implantatmaterialien ab.

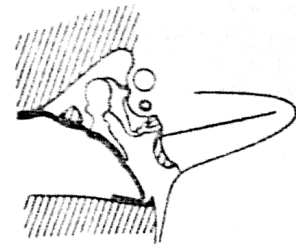
In Deutschland scheinen Prothesen aus Titan das aktuell führende Implantatmaterial zu sein. Stupp et al. [1996] berichteten bei 100 operierten Patienten von guten funktionellen Ergebnissen (79 % mit postoperativer Schallleitungskomponente <20 dB) und keiner Implantatabstoßung. Geyer [1999] konnte mit 80 eigenen Patienten die insgesamt günstigen klinischen Ergebnisse bestätigen. Geyer und Rocker veröffentlichten 2002 die Ergebnisse der Tympanoplastik Typ III bei Gebrauch von autologem Amboss (n=83), Ionomerzement- (n=100) bzw. Titanimplantaten (n=171) mit tendenziell günstigerem Hörgewinn bei Titanimplantaten. Ergänzend zu diesen klinischen Erfahrungen und grundlegend für neue Entwicklungen rückten biomechanische Gesichtspunkte der Gehörknöchelchenrekonstruktion durch standardisierte Messungen der Schallübertragung an mechanischen Mittelohrmodellen [Meister et al. 2000] und ausgereifte Computermodelle des schwingungsfähigen Mittelohrs [Hüttenbrink et al. 2000] immer mehr in den Vordergrund der Überlegungen. Meister et al. kamen bei dem Vergleich der Schallübertragung unterschiedlich schwerer Goldprothesen (20 mg bzw. 46 mg) mit einer Titan- (4 mg) und einer kompletten Mittelohrprothese zu dem Schluss, dass eine Mittelohrprothese für eine Hochfrequenzübertragung möglichst leicht sein sollte und dass die Steifigkeit der Einspannung dagegen vor allem die tieffrequente Schallleitung beeinflusst. Die biomechanische Analyse unterstreicht vor allem die Abhängigkeit des Ergebnisses von Ausrichtung, Ankopplung, Kontaktfläche, Gewicht und Elastizitätskoeffizient der benutzten Prothesenrekonstruktion [Hüttenbrink et al. 2000].

1.5 Operationsmethoden und Prognosefaktoren

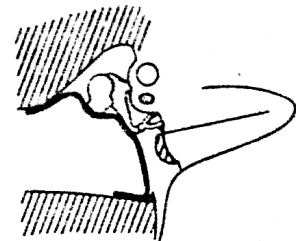
Um nun zu klären, ob eine Operation wirklich gehörverbessernd sein kann oder ob man gegenüber dem Patienten nicht lieber von gehörerhaltender Operation sprechen sollte, wurden in früheren Arbeiten viele Faktoren untersucht, die das postoperative Hörvermögen beeinflussen könnten. In Abhängigkeit von vermuteter oder erwiesener statistischer Signifikanz bzw. Gültigkeit wurden diese zur Klassifikationen von Patientenkollektiven im Sinne von Prognoseparametern eingeführt.

Als erster teilte Wullstein das Patientenkollektiv durch das Operationssystem der Tympanoplastik anhand der anatomischen Gegebenheit in fünf Typen. Hier die klassische Unterteilung mit den dazugehörigen Originalabbildungen [Wullstein 1956 a]:

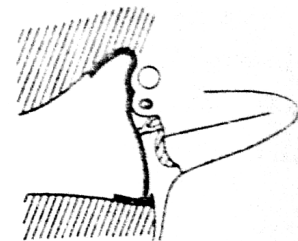
Tympanoplastik Typ I: Die Gehörknöchelchenkette ist vollständig und beweglich oder mobilisierbar. Lediglich das Trommelfell wird, soweit es defekt ist, durch ein Transplantat ersetzt.



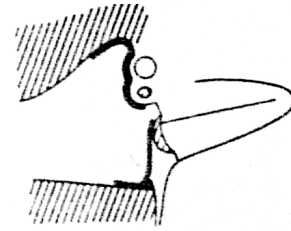
Tympanoplastik Typ II: Kleine Defekte der Gehörknöchelchenkette werden durch ein Transplantat überbrückt, so dass die Schalldrucktransformation gewahrt bleibt.



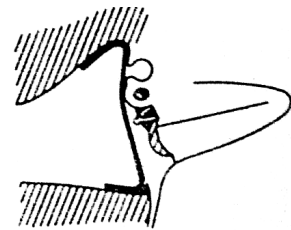
Tympanoplastik Typ III: Bei der klassischen Form ist nur der Stapes für die Schalldrucktransformation verwendbar. Es wird eine Verbindung vom Trommelfell oder dessen Ersatz über den Steigbügel zum Innenohr hergestellt.



Tympanoplastik Typ IV: Infolge fehlender Gehörknöchelchen ist die Schalldrucktransformation nicht mehr herstellbar. Der transplantierte Trommelfellersatz dient zur Schallprotektion für das runde Fenster.



Tympanoplastik Typ V: Wenn der Stapes im ovalen Fenster fixiert ist, erfolgt die Fenestration des seitlichen Bogenganges - wie bei den bis 1955 durchgeführten Otoskleroseoperationen - zur Wiederherstellung der Hydrodynamik des Innenohrs.



Nachdem neben der Tympanoplastik Typ I als Myringoplastik vor allem die Tympanoplastik Typ III als PORP und TORP international Anwendung fand, teilte Austin [1971] den intraoperativen Status der Gehörknöchelchenkette bei Incus Defekt in vier Gruppen.

- A: Malleus und Stapes vorhanden
- B: Malleus vorhanden, Stapes nicht vorhanden
- C: Stapes vorhanden, Malleus nicht vorhanden
- D: sowohl Malleus als auch Stapes nicht vorhanden

Kartush [1994] fügte den vier Austin Gruppen noch drei weitere hinzu.

- 0: Gehörknöchelchenkette intakt
- E: Gehörknöchelchenkopf-Fixation
- F: Stapes-Fixation

Wullstein, Austin und Kartush verwendeten damit allein intraoperativ festzustellende anatomisch - pathologisch deskriptive Einteilungen, bei denen Patienten mit geringeren Defekten der Gehörknöchelchenkette eine bessere Prognose hinsichtlich des postoperativen Hörvermögens hätten.

Belucci führte die *duale Klassifikation* [Belucci 1973] ein, indem er empfahl die Tympanoplastikeinteilung nach Wullstein mit einer den präoperativen Entzündungsgrad berücksichtigenden Einteilung zu kombinieren. Wichtigster Parameter stellte dabei die Häufigkeit der Otorrhoe da. I: trockenes Ohr, II: gelegentlich Otorrhoe, III: persistierende Otorrhoe, IV:

ständige Otorrhoe. Demnach gehe ein geringerer Entzündungsgrad des Ohres mit einem besseren postoperativen Hörvermögen einher.

Um eine multifaktorielle Abhängigkeit in Indices abzubilden, kombinieren und gewichten Black [1992] mit der *SPITE* (surgical, prosthetic, infectious, tissue, eustachian tube) *Methode*, Kartush [1994] mit dem *TRP* (Tympanoplasty reporting protocol), sowie Dornhoffer und Gardner [2001] mit dem *OOPSI* (Ossiculoplasty outcome parameter staging index) diverse prä- und intraoperative Parameter.

In Hinblick auf die Abhängigkeit von so vielen Variablen erscheint es in der Praxis unmöglich, festzulegen, welcher Anteil am Operationserfolg allein der verwendeten Prothese zuzuschreiben ist, so dass bei zunehmender Komplexität dieser Indices im klinischen Alltag vor allem ein adäquat belüftetes und entzündungsfreies Mittelohr, sowie ein funktionstüchtiges Innenohr als Voraussetzung für eine Gehörverbesserung durch Tympanoplastik gefordert wird [Kley 1976].

2 Patienten, Material und Methoden

2.1 Studienplanung

2.1.1 Setting

Für diese Arbeit wurden alle zwischen dem 1. Januar 1999 und dem 31. Januar 2002 in der Klinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde der Ludwig-Maximilians-Universität München (damaliger Direktor: Prof. Dr. med. E. Kastenbauer) von dreizehn Ohr-Operateuren durchgeführten Operationen erfasst, bei denen die defekte Gehörknöchelchenkette ganz oder teilweise durch die „Bojrab Universal H/A Total, With Flex H/A Shaft“ Prothese der Firma Medtronic Xomed inc., Jacksonville, USA ersetzt wurde.

2.1.2 Studiendesign

Die Patienten treten durch den Erhalt der Bojrab-Prothese in die Studie ein. Otoskopische und audiometrische Untersuchungen finden einen Tag vor der Operation, bei Detamponade und im Rahmen von Nachsorgeuntersuchungen statt.

Die korrespondierenden Stations- bzw. Poliklinik-Krankenakten ermöglichen die tabellarische Erfassung von prä-, intra- und postoperativen Parametern, so dass damit diese Arbeit die Kriterien einer retrospektiven Kohortenstudie erfüllt.

2.1.3 Zielkriterien

2.1.3.1 Hauptzielkriterium

Zur Erfolgsbeurteilung der gehörverbessernden Operation mit der Bojrab-Prothese wird das funktionelle Resultat als Hauptzielkriterium (main outcome measure) bestimmt. Dieses ist hier durch den Vergleich von prä- und postoperativ erhobenen audiologischen Befund definiert.

In dieser Arbeit werden die Erfolgskriterien verschiedener Autoren miteinander verglichen, indem deren jeweilige Kriterien auf die vorliegenden Rohdaten angewandt werden. Allgemein wird dabei eine Reduktion der Schalleitungskomponente auf ein möglichst geringes postoperatives Niveau als Erfolg angesehen. In Absatz 2.3.4 wird ausführlich auf die jeweiligen Erfolgs- und Misserfolgskriterien eingegangen.

2.1.3.2 Nebenzielkriterium

Bei einer gehörverbessernden Operation durch Prothesenimplantation kann nur von einem Operationserfolg berichtet werden, wenn es bei guten funktionellen Resultaten zu keiner Abstoßungsreaktionen gegenüber der Prothese kommt. Da sich die Implantatabstoßung letztlich durch eine Extrusion im Sinne einer Durchwanderung der Prothese durch das intakte Trommelfell zeigt, wurde als Nebenzielkriterium das klinische Resultat mit vorliegender bzw. nicht vorliegender Abstoßungsreaktion anhand des postoperativen otoskopischen Befundes festgelegt.

2.1.3.3 Einflussgrößen

In Anlehnung an die in Absatz 1.5 erwähnten Prognoseparameter wurde der Einfluss diverser Größen auf die Zielkriterien und damit deren Vorhersagekraft für ein erfolgreiches operatives Resultat untersucht.

In der vorliegenden Arbeit wurden folgende Daten als mögliche Einflussgrößen erfasst: Alter bei Operation, Diagnose bzw. Operationsindikation und intraoperativer Kettenstatus bzw. die damit einhergehende Operationsmethode. Letzteres erforderte die Unterscheidung zwischen Operationen bei defektem Stapes und Verwendung der Bojrab Prothese als TORP und Operationen bei intaktem Stapes und Kürzung der Bojrab Prothese als PORP.

Um Selektionsprozesse auszuschließen bzw. aufzudecken, wurden ferner die Ergebnisse in Korrelation zu Operateur sowie präoperativem Hörverlust geprüft.

2.1.4 Einschluss- bzw. Ausschlusskriterien

Für die Auswertung der funktionellen Resultate wurden nur Audiogrammdaten von Patienten verwendet, die ein unmittelbar (d.h. in der Regel einen Tag) präoperativ und ein mindestens sechs Monate postoperativ registriertes Audiogramm dokumentiert hatten. Patienten, die entweder kein präoperatives bzw. kein mindestens sechs Monate postoperativ angefertigtes Audiogramm hatten, wurden von den weiteren Berechnungen ausgeschlossen.

Für die Auswertung der klinischen Resultate in Hinblick auf Abstoßungsreaktionen wurden alle dokumentierten Daten ausgewertet.

2.1.5 Patientenkollektiv

2.1.5.1 Gesamtkollektiv

Es wurden 292 Operationen (n_0) an 267 Patienten durchgeführt. Operationen am zweiten Ohr bzw. Revisions-Operationen bedingen eine geringere Patienten- als Operationszahl. Die fallweise Betrachtung dieser Operationen führt dazu, dass Patienten eventuell mehrfach in diesen Studiendaten vertreten sind, formal aber als separater Patient betrachtet werden.

Die Altersspanne der Patienten reichte bei diesen 292 Operationen bei einem Mittelwert von 37,6 Jahren und einer Standardabweichung von 20,3 Jahren von 3,5 bis 84,3 Jahre.

Die Operationsindikation war in 15 von 292 Operationen (5,1%) ein Adhäsivprozeß, in 6/292 (2,1%) eine Fraktur bzw. Trauma, in 2/292 (0,7%) eine Hammerkopffixation, in 5/292 (1,7%) eine Missbildung, in 166/292 (56,8%) eine Otitis media chronica epitympanalis, in 45/292 (15,4%) eine Otitis media chronica mesotympanalis und in einer von 292 Operationen (0,3%) ein Felsenbein-Karzinom.

In 173 der 292 Operationen (59,2%) wurde beschlossen, die Gehörknöchelchenkette mit einem PORP umzubauen, während man in 69/292 (23,6%) die defekte Kette durch einen TORP ersetzte. In 50/292 (17,1%) der Fälle konnte nicht mehr ermittelt werden, ob die Prothese als TORP oder PORP verwendet wurde. Siebenundzwanzig der 292 Operationen (9,2%) stellten eine Revision eines früher durchgeführten Eingriffs dar.

2.1.5.2 Eingeschlossenes Kollektiv

Dreiundsiebzig (n_1) an 70 Patienten durchgeführte Operationen erfüllten die in Absatz 2.1.4 genannten Einschlusskriterien. Das eingeschlossene Kollektiv zeigt folgende Charakteristika:

Die Altersspanne der Patienten reichte bei diesen 73 Operationen bei einem Mittelwert von 32,6 Jahren und einer Standardabweichung von 21,9 Jahren von 5,0 bis 84,3 Jahre.

Die Operationsindikation war in 3 von 73 Operationen (4,1 %) ein Adhäsivprozeß, in 3/73 (4,1 %) eine Fraktur bzw. Trauma, in 1/73 (1,3 %) eine Missbildung, in 49/73 (67,1 %) eine Otitis media chronica epitympanalis und in 6/73 (8,2 %) eine Otitis media chronica mesotympanalis.

In 39 der 73 Operationen (53,4 %) wurde beschlossen, die Gehörknöchelchenkette mit einem PORP umzubauen, während man in 24/73 (32,9 %) die defekte Kette durch einen TORP ersetzte. In 10/73 (13,7 %) der Fälle konnte nicht mehr ermittelt werden, ob die Prothese als TORP oder PORP verwendet wurde. Drei der 73 Operationen (4,1 %) stellten eine Revision eines früher durchgeführten Eingriffs dar.

2.2 Material

2.2.1 Das Audiometer

Zur Hörtestung für die Anfertigung der Audiogramme verwendeten wir das klinikeigene Audiometer (Typ AT 300) der Firma Dorn GmbH, Medizinelektronische Systeme, Hamburg. Dieses erfüllt die Kriterien der DIN 45620.

2.2.2 Die Bojrab-Prothese

Die hier zum Wiederaufbau der Gehörknöchelchenkette verwendete Prothese, ist eine alloplastische Gehörknöchelchenprothese, die sich durch ihre Materialzusammensetzung und ihr Design von anderen Prothesen unterscheidet. Nachdem sie von Dennis I. Bojrab entwickelt und 1994 erstmalig beschrieben wurde [Bojrab et al. 1994], ist sie mittlerweile kommerziell als “Bojrab Universal H/A Total, With Flex H/A Shaft” bei Medtronic Xomed Inc. (Jacksonville, USA) erhältlich.

2.2.2.1 Design und Materialbeschaffenheit

Die Prothese besteht aus einer als oval abgerundeten Platte als Kopf und aus einem breit am Prothesenkopf ansetzenden Schaft, der in der Seitenansicht teleskopartig in einen schmaleren Anteil übergeht. Die Abmessungen der einzelnen Komponenten sind in Abbildung 2-1 dargestellt.

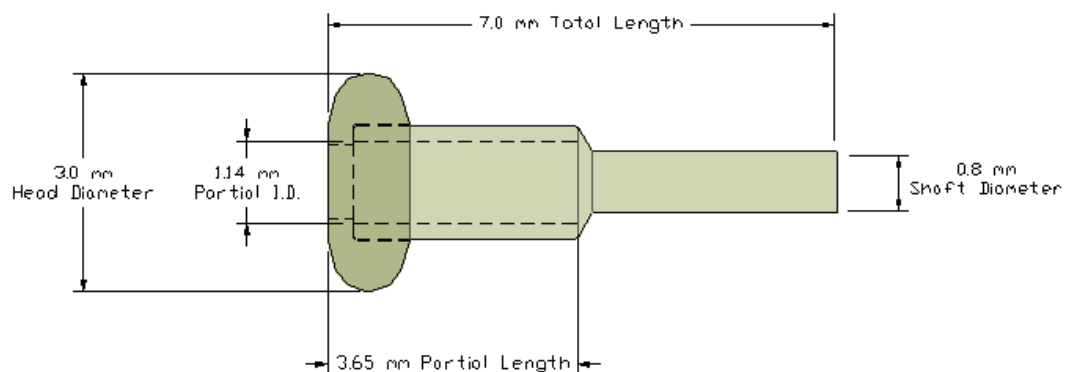


Abb. 2-1 Technische Zeichnung der Bojrab Universal H/A Total, With Flex H/A Shaft Der Prothesenkopf (hier dunkel) besteht aus Hydroxylapatit und der Prothesenschaft (hier hellgrau) aus einer mit dem Skalpell leicht zu bearbeitenden Hydroxylapatit/Silikon Mischung, so dass die Ausgangslänge der Prothese von 7,0 mm leicht intraoperativ zu kürzen ist. (Abbildung modifiziert nach Medtronic Xomed Inc., USA)

Die Prothese wird zu den alloplastischen Materialien gerechnet. Ihr Hauptbestandteil ist industriell hergestelltes Hydroxylapatit, welches in seiner chemischen Grundformel $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ der anorganischen Matrix des menschlichen Knochens gleicht [van Blitterswijk, Grote 1990] und für die Biokompatibilität der Prothese verantwortlich gemacht wird [Horman, Donath 1987]. Der Kopf der Prothese besteht aus dichtem Hydroxylapatit und der Schaft aus einer als *Flex H/A* (MicroTec Medical, Inc, Memphis, USA) bezeichneter Mischung aus 50% Hydroxylapatit und 50% Silikon. Der Hydroxylapatitanteil soll als bioaktive Keramik die Epithelialisierung der Prothese fördern und die direkte Platzierung des Prothesenkopfes unter das Trommelfell bzw. Trommelfellimplantat möglich machen. Der Silikonanteil im Prothesenschaft soll der Prothese eine Konsistenz verleihen, die eine intraoperative Kürzung des Schafts mit dem Skalpell erlaubt, aber mit 50% in einem Bereich bleiben, der die bioaktiven Eigenschaften des Hydroxylapatits nur gering einschränkt [Yokoya 1991, Battista 1993].

2.2.2.2 Anwendungsmöglichkeit als TORP und PORP

Austin [1971] teilt den intraoperativen Status der Gehörknöchelchenkette wie zuvor bereits beschrieben bei Incus Defekt in vier Gruppen. Gruppe A: Malleus und Stapes vorhanden, B: Malleus vorhanden, Stapes nicht vorhanden, C: Stapes vorhanden, Malleus nicht vorhanden, D: sowohl Malleus als auch Stapes nicht vorhanden. Je nach vorhandenem Ossikeln ist also eine Anpassung der Prothese vorzunehmen. Der Silikonzusatz im Prothesenschaft erlaubt dabei grundsätzlich zwei verschiedene Modifikationen der Prothese: die Längenanpassung (Abb. 2-2) des Prothesenschafts und das Abtrennen des Prothesenkopfs, deren Kombination einen Einsatz der Bojrab Prothese bei allen Austin Gruppen erlaubt.

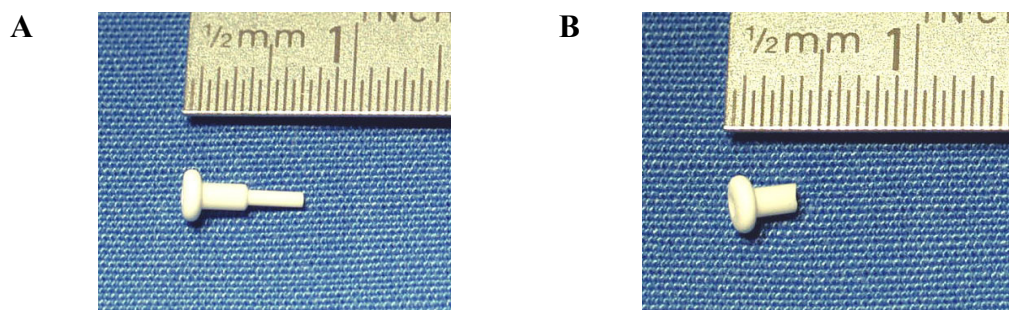


Abb. 2-2 Anwendungsmöglichkeit der Bojrab Prothese Bild A zeigt die ungekürzte Bojrab-Prothese zur Verwendung als TORP, die nach dem „Trimmen“ mit dem Bohrer bzw. der Kürzung mit dem Skalpell als PORP (Bild B) eingestellt werden kann.

Können keine Ossikel mehr zum Kettenwiederaufbau verwendet werden (Austin group D), wie es zum Beispiel häufig beim Cholesteatom der Fall ist, kann die Prothese komplett in die Pauke eingestellt werden. Dabei besteht die Möglichkeit, die Schaftlänge der Prothese mit dem Skalpell an die Höhe der neu geschaffenen Paukenhöhle anzupassen, um somit anatomische Unterschiede z.B. zwischen Kindern und Erwachsenen zu berücksichtigen (Abb. 2-3).

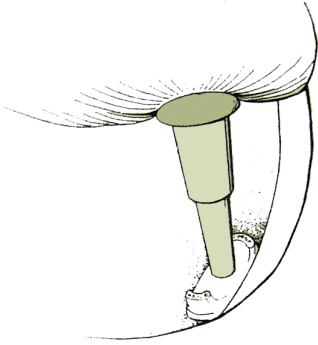


Abb. 2-3 Anwendungsmöglichkeit der Bojrab Prothese als TORP bei *Austin group D* Kettenstatus Bei defektem Stapesüberbau und fehlendem Hammergriff liegt ein *Austin group D* Kettenstatus vor. Der Prothesenschaft wird auf die Fußplatte des Steigbügels platziert und der Kopf direkt oder indirekt über Knorpelchips an die neu geschaffene Trommelfellebene eingestellt. Bei flachen Pauken kann die Schaftlänge zusätzlich gekürzt werden. (Abbildung modifiziert nach Bojrab et al. [1994])

Ist der Stapes nicht vom Krankheitsprozess betroffen und konnte er bei der Präparation geschont werden, empfiehlt sich der Kettenumbau mittels einer partial ossicular replacement prosthesis (PORP). Der Hydroxylapatit/Silikon Schaft wird dementsprechend gekürzt, dass das Steigbügelköpfchen von einer durch einen Bohrer geschaffenen Vertiefung im Restschaft aufgenommen werden kann (Abb. 2-4, 2-5).

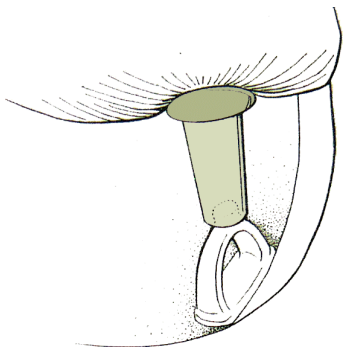


Abb. 2-4 Anwendungsmöglichkeit der Bojrab Prothese als PORP bei *Austin group C* Kettenstatus Bei intaktem Stapesüberbau und fehlendem Hammergriff liegt ein *Austin group C* Kettenstatus vor. Der getrimmte und mit dem Bohrer leicht ausgehöhlte Prothesenschaft kann das Stapesköpfchen aufnehmen, während der Kopf direkt oder indirekt über Knorpelchips an die neu geschaffene Trommelfellebene eingestellt wird. (Abbildung modifiziert nach Bojrab et al. [1994])

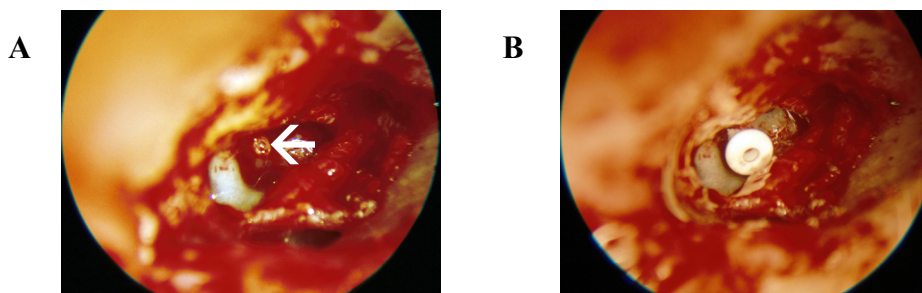


Abb. 2-5 Intraoperativer Situs mit Blick auf das Stapesköpfchen (A, Pfeil) vor und nach Einstellen der mit dem Skalpell als PORP „getrimmten“ Bojrab Prothese Operationsindikation war eine OMC mesotympanalis mit fast komplett arrodierten Hammer- und Ambosskörper. Die Stapes suprastruktur war intakt.

Steht zur Stabilisierung der Prothese an der Trommelfellebene zusätzlich noch der Hammergriff zur Verfügung, liegt bei vorhandenem Stapes ein *Austin group A* (Abb. 2-7) und bei defektem Stapesüberbau ein *Austin group B* Kettenstatus (Abb. 2-6) vor. Durch Abtrennung des Hydroxylapatit Kopfes kann eine Grube am Oberende des Schafts geschaffen werden, in der der Hammergriff zu liegen kommt und der TORP bzw. der PORP zusätzliche Stabilität verleiht.

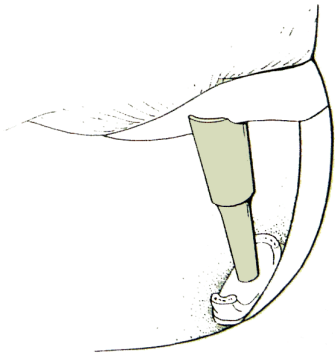


Abb. 2-6 Anwendungsmöglichkeit der Bojrab Prothese als TORP bei *Austin group B* Kettenstatus Bei defektem Stapesüberbau, aber intaktem Hammergriff liegt ein *Austin group B* Kettenstatus vor. Mit Abtrennen des Hydroxylapatit Kopfes kann der Hammergriff in einer Kuhle des kopfnahen Schaftanteils zu liegen kommen und somit der TORP zusätzlich Stabilität verleihen. Zusätzlich kann auch hier mit Knorpelchips unterfüttert werden. (Abbildung modifiziert nach Bojrab et al. [1994])

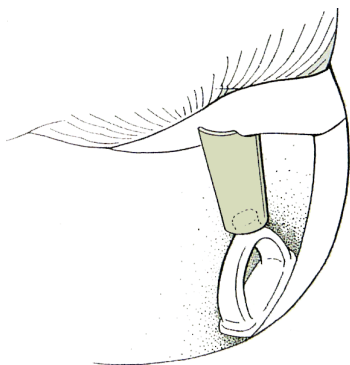


Abb. 2-7 Anwendungsmöglichkeit der Bojrab Prothese als PORP bei *Austin group A* Kettenstatus Bei isoliert defektem Incus stehen Hammergriff und Stapes für die Kettenrekonstruktion zur Verfügung, so dass ein *Austin group A* Kettenstatus vorliegt. Auch hier kann mit Abtrennen des Hydroxylapatit Kopfes der Hammergriff in einer Kuhle des kopfnahen Schaftanteils zu liegen kommen und somit der PORP zusätzlich Stabilität verleihen. Zusätzlich kann auch hier mit Knorpelchips unterfüttert werden. (Abbildung modifiziert nach Bojrab et al. [1994])

Um ein Verkappen oder Verrutschen der Columella auf der Steigbügelfussplatte zu verhindern, wurde von Hüttenbrink et al. [2004] die Verwendung eines Knorpelchips empfohlen, der mit einem Loch versehen als „Knorpelschuh“ den Prothesenschaft zentral auf der Fußplatte stabilisieren kann.

Die Entscheidung, zusätzlich eine Knorpelscheibe zwischen Prothesenkopf und Trommelfellebene zu interponieren [Kobayashi et al. 2002], wurde von der Beschaffenheit des Trommelfells bzw. des Transplantats abhängig gemacht. Bei normalen Belüftungsverhältnissen sollten diese Knorpelinseln nicht dicker als 200 - 300 µm sein, um Schwingungsdämpfungen bzw. Fixierungen zu vermeiden [Zahnert et al. 2005].

2.3 Methoden

2.3.1 Ohrmikroskopie

Die Ohrmikroskopie dient der Inspektion des äußeren Gehörgangs und des Trommelfells und kann darüber hinaus Hinweise auf morphologische Veränderung und Funktion des Mittelohrs geben. Zur Beurteilung einer postoperativen Abstoßungsreaktion werden vorhandene Trommelfellperforationen, Extrusionen und der Entzündungsstatus dokumentiert.

2.3.2 Reintonaudiometrie

Die Tonaudiometrie überprüft das Tongehör mit elektroakustischen Mitteln. In der Tonschwellenaudiometrie wird mit Hilfe eines Audiometers die subjektive Hörschwelle bestimmt und in Form eines Audiogramms dokumentiert.

2.3.2.1 Hörschwellenbestimmung

Nach DIN 45620 genormte Audiometer erzeugen elektrische Wechselströme verschiedener Frequenz und Intensität. Die Wechselströme lassen an Luftschall- und Knochenschallhörer einen möglichst von Oberwellen freien Ton entstehen. Der Luftschallhörer wird in den äußeren Gehörgang und der Knochenschallhörer auf den Processus mastoideus des Schädelknochens auf der Seite des zu testenden Ohres gesetzt. Der Schalldruckpegel des erzeugten Tons wird erhöht und der Patient gibt an, wann er die Töne der jeweiligen Frequenzen (z.B. 125Hz; 250Hz; 500Hz; 1kHz; 2kHz; 4kHz und 8kHz) über den Luft- bzw. Knochenhörer wahrnimmt. Der Schalldruckpegel der ersten Wahrnehmung einer Frequenz wird in Relation zu einem Normkollektiv in ein Audiogramm eingetragen. Das Verbinden der Werte für die einzelnen Frequenzen führt zur so genannten Hörschwellenkurve (Vgl. 2.3.2.2).

Der jeweilige Verlauf der Hörschwellenkurve in Luft- und Knochenleitung gibt somit den minimalen Schalldruckpegel an, bei dem ein Ton über die Luft- bzw. Knochenleitung gerade gehört, respektive wahrgenommen wird. Stimmt der minimale Schalldruckpegel mit dem Normkollektiv überein, liegt kein Hörverlust vor. Erfolgt die Wahrnehmung erst bei einem höheren Schalldruckpegel, wird die Erhöhung über die Norm als Hörverlust bezeichnet und frequenzabhängig in der Einheit Dezibel (dB) angegeben.

Die Reintonschwellenaudiometrie ermöglicht somit durch eine seitengetrennte, frequenz- und medienabhängige Erfassung der Hörschwelle die Bestimmung von Art und Ausmaß der Hörstörung.

2.3.2.2 Audiogramm

Das Audiogramm ist eine genormte Darstellung für Ergebnisse der Tonschwellenaudiometrie. Der Schalldruckpegel bei Tonwahrnehmung wird in Relation zu einem Normkollektiv als Hörverlust frequenzabhängig in ein Diagramm eingetragen. Durch die separate Testung mit Knochenschall- und Luftschallhörer können für jedes Ohr zwei Hörschwellenkurven bestimmt werden.

Knochen- und Luftleitungsschwelle können absolut und relativ zueinander abgelesen werden und geben damit Auskunft über Innenohrschwerhörigkeit, absolute Hörschwelle und Schallleitungsschwerhörigkeit. In der üblichen Darstellungsform liegt die genormte Hörschwelle oben und der relative Hörverlust der getesteten Person ist in Dezibel nach unten aufgetragen. Während man die Zunahme der Schwerhörigkeit aus pathophysiologischer Sicht mit einem Ansteigen der Hörschwelle beschreibt, spricht man in der Audiometrie bildlich von einem Absinken der Hörschwelle. Um hier Missverständnisse zu vermeiden, folgen wir der Empfehlung Lehnhardts [1987] und fügen dann den Zusatz „im Audiogramm“ hinzu. Diese Darstellungsform ermöglicht das direkte Ablesen der Knochen- und Luftleitungsschwelle, der Schallleitungskomponente und Frequenzbezogener Besonderheiten. Der Vergleich zweier zu verschiedenen Zeitpunkten gefertigten Audiogramme lässt also sowohl die Beurteilung der relativen als auch der absoluten Änderung dieser Parameter zu.

Die Daten aller in der Hals-Nasen-Ohrenklinik des Klinikums Großhadern angefertigten Audiogramme werden zentral in einer Datenbank gespeichert und können in ein Tabellenverarbeitungsprogramm exportiert werden. Dabei wurden für die operierten Patienten - sofern vorhanden - prä- und postoperativ folgende Daten übertragen: die Knochenleitungsschwelle in Dezibel bei 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz und 4000 Hz, sowie die zum selben Zeitpunkt bestimmte Luftleitungsschwelle bei 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz und 4000 Hz.

2.3.3 Berechnung des mittleren Hörverlusts (pure tone average)

Zur besseren Übersicht werden die Hörschwellen der einzelnen Frequenzen des Hauptsprachbereichs auf einen Parameter reduziert. Etabliert ist die Methode, den Hörverlust in der Luft- bzw. Knochenleitungsschwelle über die 3 Frequenzen 500 Hz, 1000 Hz und 2000 Hz als 3-Frequenz-PTA (3-FQ-PTA) zu mitteln, um als Ergebnis den so genannten mittleren Hörverlust zu erhalten. Dieser wird international als *pure tone average* (PTA) bezeichnet. Ebenfalls gebräuchlich ist nach den Empfehlungen des *Committee on Hearing and Equilibrium* (CHE) der *American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery* (AAO-HNS) [1995] der

Einbezug der 3000 Hz Frequenz in die Berechnung des mittleren Hörverlusts, um damit einen *pure tone average* aus 4 Frequenzen zu bilden.

Wie in Abschnitt 2.3.2 erwähnt, werden in klassischen audiometrischen Messungen routinemäßig nur Oktavabstände des Kammertons c bestimmt, so dass die Prüfung dazwischen liegender Frequenzen - wie hier die vom CHE geforderten 3000 Hz Frequenz - nur in Ausnahmefällen erfolgt. In der vorliegenden Arbeit wird daher zur Berechnung eines 4-Frequenz-PTA (4-FQ-PTA) der Hörverlust bei 0,5 kHz, 1 kHz, 2 kHz und 4 kHz gemittelt.

Damit soll im Folgenden gelten:

(1) die über den Hauptsprachbereich gemittelte Knochenleitungsschwelle (KLS_{PTA}):

$$(a) KLS_{3-FQ-PTA} = (KLS_{500 \text{ Hz}} + KLS_{1000 \text{ Hz}} + KLS_{2000 \text{ Hz}}) / 3$$

$$(b) KLS_{4-FQ-PTA} = (KLS_{500 \text{ Hz}} + KLS_{1000 \text{ Hz}} + KLS_{2000 \text{ Hz}} + KLS_{4000 \text{ Hz}}) / 4$$

(2) die über den Hauptsprachbereich gemittelte Luftleitungsschwelle (LLS_{PTA}):

$$(a) LLS_{3-FQ-PTA} = (LLS_{500 \text{ Hz}} + LLS_{1000 \text{ Hz}} + LLS_{2000 \text{ Hz}}) / 3$$

$$(b) LLS_{4-FQ-PTA} = (LLS_{500 \text{ Hz}} + LLS_{1000 \text{ Hz}} + LLS_{2000 \text{ Hz}} + LLS_{4000 \text{ Hz}}) / 4$$

aus denen ein dritter Wert errechnet werden kann:

(3) die über den Hauptsprachbereich gemittelte Schalleitungskomponente (SLK_{PTA}):

$$(a) SLK_{3-FQ-PTA} = LLS_{3-FQ-PTA} - KLS_{3-FQ-PTA}$$

$$(b) SLK_{4-FQ-PTA} = LLS_{4-FQ-PTA} - KLS_{4-FQ-PTA}$$

In der vorliegenden Arbeit soll durch den Vergleich dieser 3- und 4-Frequenz-PTAs untersucht werden, ob der Einbezug des Hörverlusts bei 4000 Hz das Ergebnis signifikant beeinflusst.

Es sei darauf hingewiesen, dass die den einzelnen Formeln zugrunde liegenden Hörschwellen zum gleichen Zeitpunkt, d.h. in derselben audiometrischen Sitzung, gemäß des oben erwähnten Studiendesigns (vgl. Abschnitt 2.1) bestimmt wurden.

Damit gilt insbesondere in Hinblick auf einen eindeutigen prä- und postoperativen Status für Gleichung (3):

$$SLK_{\text{prä}} = LLS_{\text{prä}} - KLS_{\text{prä}}$$

$$SLK_{\text{post}} = LLS_{\text{post}} - KLS_{\text{post}}$$

2.3.4 Bestimmung des Anteils erfolgreicher Operationen

Wie in Abschnitt 1.3.2 ausgeführt, muss zwischen den Operationen unterschieden werden, die primär eine Gehörverbesserung zum Ziel haben und diejenigen, bei denen der audiologische

Aspekt nur sekundär berücksichtigt werden darf. Um dabei den Erfolg gehörerhaltender bzw. gehörverbessernder Operationen im vorliegenden Patientengut zu beurteilen, wird im Nachstehenden erläutert, welche Parameter den etablierten, neueren und eigenen Methoden zugrunde liegen und wo im einzelnen die Grenzen zwischen Operationserfolg und Misserfolg gezogen werden. Die Ergebnisse aus unseren audiometrischen Untersuchungen sollen anhand der nachfolgend beschriebenen Methoden evaluiert werden.

2.3.4.1 Postoperative Schalleitungskomponente (residual air-bone gap)

Ein etabliertes Erfolgskriterium einer gehörverbessernden Operation ist die Beurteilung der verbleibenden postoperativen Schalleitungskomponente. Eine verbleibende Schalleitungskomponente von kleiner gleich 10 dB wird dabei als sehr gutes und eine SLK kleiner gleich 20 dB als gutes Ergebnis gewertet. Wullstein sprach bis 15 dB von einem guten und bis 30 dB von einem zufriedenstellenden Ergebnis [Wullstein 1953].

Der so genannte Fletcher Index (FI) gibt dabei den Anteil der postoperativen SLKs kleiner gleich 20 dB an.

$$(4) \text{ FI} = n_{\text{SLK} \leq 20 \text{ dB}} / n$$

2.3.4.2 Amsterdam Hearing Evaluation Plots

Nachdem die absoluten Angaben zur postoperativen SLK aus Gleichung 3 in Übereinstimmung mit dem *Committee on Hearing and Equilibrium* meist zusammenfassend in Histogrammen dargestellt werden, entwickelten de Bruijn und Mitarbeiter der Universitäts-Hals-Nasen-Ohrenklinik Amsterdam zwei Plotdarstellungen [de Bruijn et al. 2001 b], die Hörergebnisse von jedem separat operierten Ohr anschaulich darstellen, die sogenannten *Amsterdam Hearing Evaluation Plots* (AHEPs).

Der *Amsterdam Hearing Evaluation Plot I* (AHEP I) trägt die gemittelte postoperative Knochenleitung gegenüber der gemittelten präoperativen Knochenleitung für jedes operierte Ohr separat als Punkt im Plot Diagramm auf (Abb. 2-8). Diese Darstellungsweise kann für jeden einzelnen Fall prüfen, ob während der Operation eine Innenohrschädigung stattgefunden hat oder die Knochenleitungsschwelle annähernd unverändert bleibt. Dabei gibt die präoperativ gemessene Knochenleitungsschwelle die erste Koordinate und die postoperativ gemessene Knochenleitungsschwelle die zweite Koordinate an. Ein Fall mit größerer postoperativer als präoperativer Knochenleitungsschwelle (siehe Abb. 2-8, Punkt 1) hat also eine im Vergleich zur ersten Koordinate größere zweite Koordinate und liegt damit im AHEP I näher an der Ordinate als an der Abzisse und zeigt damit eine Zunahme der Innenohrschwerhörigkeit an.

Umgekehrt hat ein näher an der Abszisse liegender Punkt eine im Vergleich zur präoperativen Knochenleitungsschwelle kleinere postoperative Knochenleitungsschwelle (siehe Abb. 2-8, Punkt 2). Eine exakt gleich bleibende Knochenleitungsschwelle zeigt sich in dieser Darstellungsform durch gleichen Abstand zur Abszisse und Ordinate (siehe Abb. 2-8, Punkt 3).

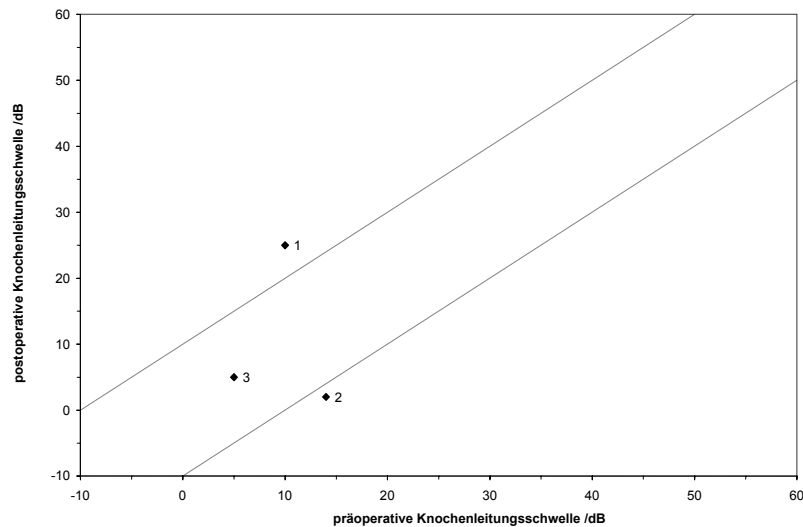


Abb. 2-8 AHEP I mit Vergleich von prä- und postoperativer Knochenleitungsschwelle Postoperative Änderungen der KLS bis ± 10 dB (z.B. Punkt 3) werden durch den Korridor zwischen den gestrichelten Geraden gezeigt. Erst eine Verschlechterung der KLS >10 dB (Punkt 1) gilt als Operationsmisserfolg.

Die Gruppe um de Bruijn hält bei Stapes Operationen Änderungen der Knochenleitungsschwelle im Rahmen von bis zu 10 dB für unwesentlich und spricht dann von nur geringen Änderungen. Ab einem Anstieg der Schwelle um 10 dB wird von einem Innenohrschaden und ab einer Herabsetzung um 10 dB von einer Verbesserung der Knochenleitungsschwelle gesprochen, wie sie z.B. bei Stapes Operationen durch Wegfall des Carhart Effekts auftreten kann. In der Plotdarstellung begrenzen zwei gepunktete Geraden diesen ± 10 dB Korridor, wobei Punkte, die unterhalb der unteren gepunkteten Gerade liegen, also eine Verschlechterung der KLS von ≥ 10 dB haben, als Operationsmisserfolg durch Innenohrschaden gewertet werden.

Der *Amsterdam Hearing Evaluation Plot II* (AHEP II) trägt die Veränderung der Luftleitungsschwelle (Δ LLS) gegenüber der präoperativ bestehenden Schalleitungskomponente ($SLK_{\text{prä}}$) auf (vgl. Abb. 2-9). Für die Reduktion der LLS gilt:

$$(5) \quad \Delta \text{LLS} = \text{LLS}_{\text{prä}} - \text{LLS}_{\text{post}}$$

Ein positiver Wert zeigt eine Reduktion, während ein negatives Ergebnis die Verschlechterung der Schalleitungskomponente in dB angibt.

Wenn mithilfe des AHEP I gezeigt ist, dass sich die Knochenleitungsschwelle nicht bzw. kaum geändert hat, soll hier die – um den Betrag der präoperativ bestehenden Schalleitungs-komponente – verringerte Luftleitungsschwelle einen vollständigen Schluß der Differenz zwischen Luft- und Knochenleitung anzeigen. Diesen Idealfall bezeichnen de Bruijn et al. mit „total closure“ und zeigen ihn hier im Diagramm mit der diagonal verlaufenden durchgezogenen Linie. Dieser Plot soll jetzt also zeigen, inwieweit dieser komplette Verschluss separat für jede einzelne Operation erreicht wurde.

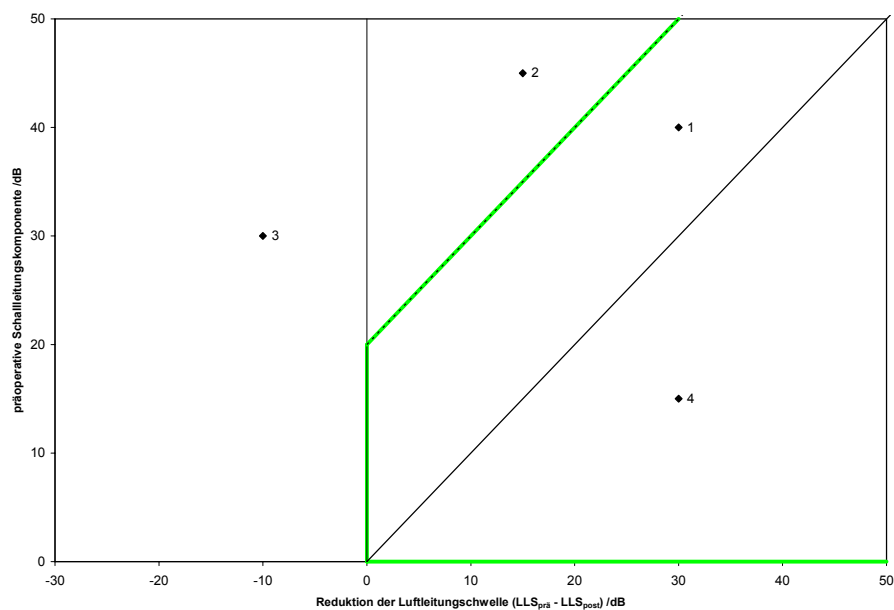


Abb. 2-9 AHEP II zeigt die Veränderung der Luftleitungsschwelle gegenüber der präoperativ bestehenden Schalleitungs-komponente Es kann in Abhängigkeit der präoperativen SLK für jede einzelne Operation abgelesen werden, ob eine erfolgreiche (Punkt 1), ungenügende (Punkt 2) oder keine LLS Reduktion (Punkt 3) durchgeführt wurde. Punkt 4 zeigt eine größere Reduktion der LLS im Vergleich zur präoperativ bestehenden SLK, was v.a. in der Stapes-Chirurgie bei Besserung der KLS (vgl. Abb. 2-6, Punkt 2) der Fall ist.

Nach de Bruijn et al. werden im AHEP II nur Operationen als Erfolg gewertet (siehe Abb. 2-9 Punkte 1 und 4), die bei einer Reduktion der Luftleitungsschwelle höchstens eine Differenz von 20 dB aus präoperativer Schalleitungs-komponente und Luftleitungsschwellenveränderung haben. Im Diagramm ist dies der Bereich rechts der Ordinate und unterhalb der gepunkteten 20 dB Gerade, im Bereich der nach oben offenen grünen Begrenzungen.

2.3.4.3 Eigene Kriterien: Die Munich Audio Plots (MAP)

Die oben schon erwähnten Richtlinien des *Committee on Hearing and Equilibrium* (CHE) fordern weiter, neben der absoluten postoperativen SLK (vgl. Formel 3 bzw. als relative Angabe in Formel 4) auch die Reduktion der SLK (Δ SLK) anzugeben. Dabei gilt analog zu

Gleichung 5, dass sich diese aus der Differenz von prä- und postoperativer Schallleitungs-komponente ergibt.

$$(6) \quad \Delta \text{SLK} = \text{SLK}_{\text{prä}} - \text{SLK}_{\text{post}}$$

Unter Berücksichtigung dieser Forderungen sollen hier in Anlehnung an die AHEPs mit den *Munich Audio Plots* (MAPs) zwei eigene Plotdarstellungen (Abb. 2-10 und Abb. 2-11) vorge-stellt werden. Der *Munich Audio Plot 1* (MAP-1) zeigt die Auswirkungen der Operation auf Schallleitungs-komponente, Luftleitungsschwelle und Knochenleitungsschwelle, während der *Munich Audio Plot 2* (MAP-2) einen Schwerpunkt auf die postoperative Schallleitungs-komponente in Relation zur Luftleitungsschwellenreduktion setzt.

Mit den von Wullstein eingeführten Begriffen der hörverbessernden bzw. gehörerhaltenden Operation bewerten wir das Operationsergebnis in Bezug auf das Hörvermögen anhand der in beiden MAPs dargestellten Reduktion der Luftleitungsschwelle (ΔLLS). Bei $\Delta \text{LLS} \geq 10 \text{ dB}$ (Abb. 2-10, Punkte 3, 4, 5 und Abb. 2-11, Punkte 1, 2) sprechen wir von einer gehörverbes-sernden und bei $|\Delta \text{LLS}| < 10 \text{ dB}$ (Abb. 2-10, Punkt 2 und Abb. 2-11, Punkte 3, 5) von einer gehörerhaltenden Operation.

Der MAP-1 kann zeigen, inwieweit dieses Ergebnis durch Reduktion der Schallleitungs-komponente (Abb. 2-10, Punkt 4) oder durch Änderung der Knochenleitungsschwelle (Abb. 2-10, Punkt 3) zustande kam, indem die vom CHE geforderte Reduktion der SLK (ΔSLK ; vgl. Gleichung 6) gegenüber der Reduktion der Luftleitungsschwelle (ΔLLS ; vgl. Gleichung 5) als Plot aufgetragen wird.

Die einzelnen Punkte verteilen sich im MAP-1 um die Gerade f mit der Steigung a und dem Ordinatenschnittpunkt b :

$$f(x) = a x + b$$

mit $f(x) = \Delta \text{SLK}$ und $x = \Delta \text{LLS}$ folgt:

$$\Delta \text{SLK} = a (\Delta \text{LLS}) + b$$

mit $\Delta \text{SLK} = \Delta \text{LLS} - \Delta \text{KLS}$ folgt:

$$a = 1$$

$$b = - (\Delta \text{KLS})$$

Bei den Umformungen der o.g. Formel wurde ausgenutzt, dass sich die Schallleitungs-komponenten- und Luftleitungsschwellenreduktion nur um die Differenz der Knochenleitungs-schwellen unterscheiden. Entsprechend nach der Knochenleitungsänderung aufgelöst, kann gezeigt werden, dass eine Knochenleitungsverschlechterung ($-\Delta \text{KLS}$) durch den y-Achsen-

abschnitt (Ordinatenschnittpunkt b) als dritter Parameter aus dem MAP-1 abgelesen werden kann.

$$(7) f_{\Delta KLS}(x) = x - \Delta KLS$$

In Anlehnung an de Bruijn et al. betrachten wir Verschlechterungen der KLS größer 10 dB ($\Delta KLS < -10$ dB; vgl. Abb. 2-10, Punkt 5) als Innenohrschaden.

Somit können die oben getroffenen Aussagen zur Reduktion der Luftleitungsschwelle (ΔLLS) im MAP-1 mit den Angaben zur Änderung von SLK (ΔSLK) und KLS (ΔKLS) ergänzt werden. Als Operationserfolg definieren wir hierbei hörverbessernde Operationen ($\Delta LLS \geq 10$ dB), bei denen es zu keinem signifikanten Innenohrschaden ($\Delta KLS \geq -10$ dB) gekommen ist und geben den Anteil dieser Operationen als *MAP-1 Index* an.

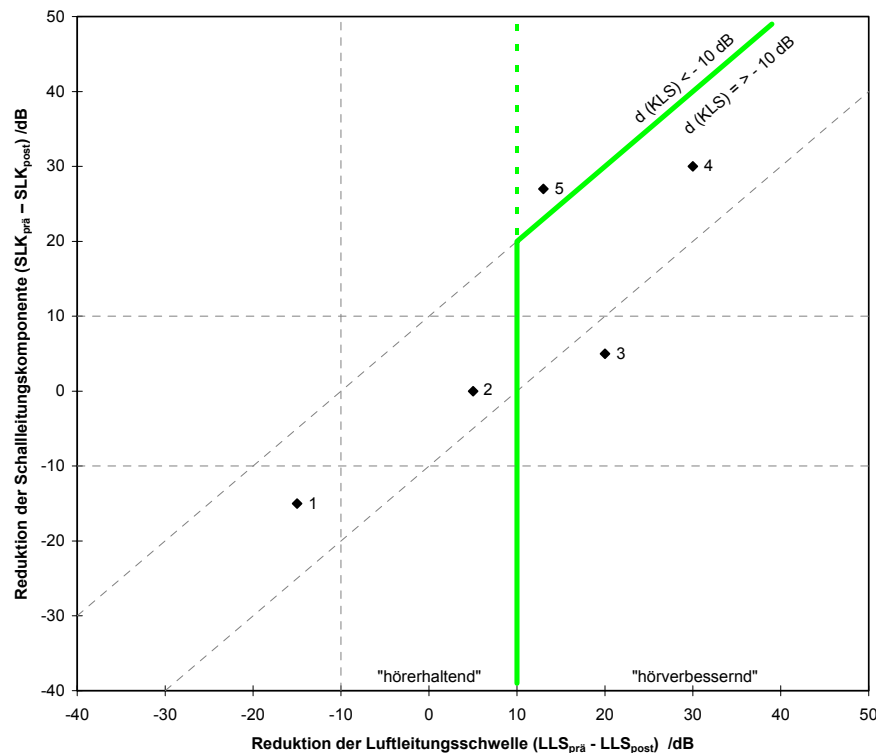


Abb. 2-10 Der Munich Audio Plot 1 (MAP-1) zeigt die Auswirkung der Operation auf Schalleitungskomponente, Luftleitungsschwelle und Knochenleitungsschwelle. Die Reduktion der SLK (ΔSLK) wird gegenüber der Reduktion der Luftleitungsschwelle (ΔLLS) aufgetragen, so dass eine evtl. Verschlechterung der KLS ($-\Delta KLS$) am y-Achsenabschnitt abgelesen werden kann. Eine $\Delta LLS \geq 10$ dB (Punkte 3, 4 und 5) gilt als hörverbessernde Operation, welche als Operationserfolg (Punkte 3 und 4) gezählt wird, wenn der Innenohrschaden maximal 10 dB beträgt ($\Delta KLS \geq -10$ dB). Anhand der ΔSLK kann dann abgelesen werden, ob der Erfolg durch eine reduzierte SLK (Punkt 4) oder teilweise durch eine verbesserte KLS (Punkt 3) bedingt ist.

Der *Munich Audio Plot 2* (MAP-2) zeigt die postoperative Schalleitungskomponente (SLK_{post}) in Abhängigkeit der Luftleitungsschwellenreduktion (ΔLLS) und geht damit auf das primäre Ziel der Tympanoplastik ein, eine Gehörverbesserung durch eine möglichst geringe postoperative SLK zu erreichen.

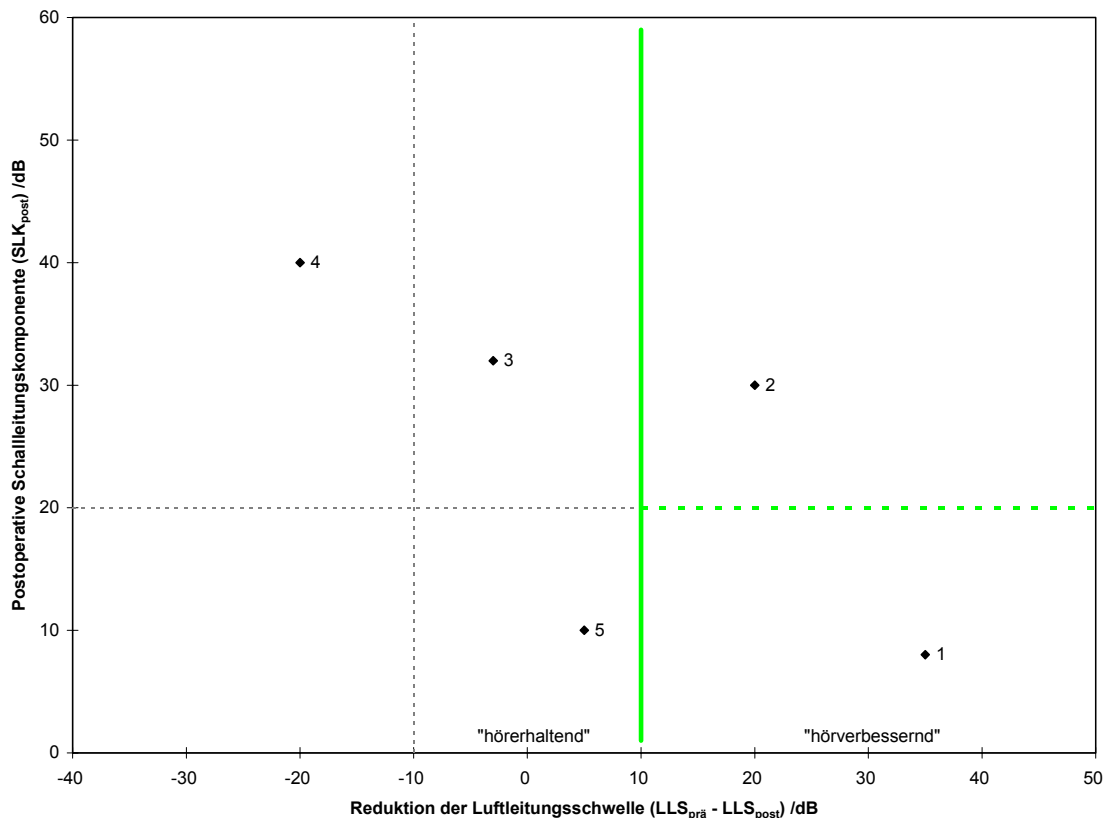


Abb. 2-11 Der Munich Audio Plot 2 (MAP-2) prüft die Forderung der Tympanoplastik, eine Gehörverbesserung durch eine möglichst geringe postoperative Schalleitungskomponente zu erreichen. Die postoperative SLK (SLK_{post}) wird dabei gegenüber der Reduktion der Luftleitungsschwelle (Δ LLS) aufgetragen. Eine Δ LLS ≥ 10 dB (Punkte 1 und 2) gilt als hörverbessernde, eine $|\Delta$ LLS| < 10 dB (Punkte 3 und 5) als hörerhaltende Operation. Anhand der SLK_{post} kann geprüft werden, ob die Operation eine geringe SLK (SLK_{post} ≤ 20 dB) halten (Punkt 5) oder erreichen (Punkt 1) konnte.

Wie im MAP-1 betrachten wir eine Δ LLS ≥ 10 dB (Abb. 2-11, Punkte 1 und 2) als hörverbessernde und eine $|\Delta$ LLS| < 10 dB (Abb. 2-11, Punkte 3 und 5) als hörerhaltende Operation. Ab Δ LLS < -10 dB (Abb. 2-11, Punkt 4) gehen wir von einer Gehörverschlechterung aus.

Durch die Kombination dieser Ergebnisse mit der postoperativen Schalleitungskomponente (SLK_{post}) kann im MAP-2 der Anteil der Operationen mit SLK_{post} ≤ 20 dB bestimmt werden. Dabei gibt der Fletcher Index (vgl. 2.3.4.1, Gleichung 4) den Anteil unabhängig der Δ LLS an, während der hier neu eingeführte *MAP-2 Index* den Anteil der SLK_{post} ≤ 20 dB bei hörverbessernden Operationen (Δ LLS ≥ 10 dB) bestimmt.

2.3.5 Statistik

2.3.5.1 Deskriptive Statistik

Zur Zusammenfassung der Einzeldaten werden im folgenden Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) gebildet. Die Standardabweichung ist ein Maß dafür, wie weit die jeweiligen Werte um den Mittelwert streuen. Für diese wird im Weiteren folgende Formel verwendet:

$$\text{Standardabweichung: } SD = \sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n}}$$

2.3.5.2 Vergleichende Statistik

Mit Hilfe des t-Tests wird getestet, ob zwei Stichproben aus zwei Grundgesamtheiten mit demselben Mittelwert stammen. In allen Fällen wurde dieser Test als zweiseitiger Test durchgeführt. Für den Vergleich von prä- und postoperativen Resultaten wurde dieser als gepaarter Typ durchgeführt. Die Untergruppenvergleiche erforderten die Anwendung des t-Tests für unverbundene Stichproben mit ungleicher Varianz.

Ebenfalls aufgrund der großen Streubreite sowie wegen der nicht immer normal verteilten Daten wurde zur statistischen Analyse der unverbundenen Stichproben der U-Test von Mann-Whitney verwendet. Weiterhin wurde die Abhängigkeit der Ergebnisse von verschiedenen Einflussgrößen mit Hilfe des χ^2 -Test für Vierfeldertafeln überprüft.

Ein signifikantes Ergebnis wurde jeweils bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,05$ angenommen.

2.3.5.3 Darstellung

Die Darstellung der Daten erfolgte mit Hilfe des Programms Microsoft Excel 2002 (Version 10, Service Pack 2) in Diagrammen und tabellarischer Form.

3 Ergebnisse

3.1 Ergebnisse der audiometrischen Untersuchung

3.1.1 Hörschwellenbestimmung

Die audiometrische Bestimmung der Knochen- und Luftleitungsschwelle am Tag vor der Operation und in der Kontrolluntersuchung 6 Monate postoperativ lieferte folgende Ergebnisse:

Hörverlust /dB MW (SD)	Präoperativ				Postoperativ				
	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	
Gesamt	KLS	19 (8)	22 (9)	34 (15)	31 (14)	18 (7)	20 (9)#	30 (14)#	28 (14)#
	SLK	38 (16)	37 (14)	23 (15)	34 (15)	27 (14)#	27 (14)#	18 (12)#	35 (13)
	LLS	58 (18)	59 (20)	57 (19)	65 (21)	45 (17)#	46 (19)#	48 (19)#	62 (19)
PORP	KLS	19 (10)	22 (11)	34 (15)	31 (15)	18 (8)	19 (9)	30 (15)#	26 (13)#
	SLK	34 (15)*	34 (14)*	18 (13)*	30 (12)*	24(14)#*	24(14)#*	16 (12)*	33 (14)*
	LLS	53 (19)*	56 (22)	52 (20)*	62 (22)	42(17)#*	43(19)#*	45 (19)#	59 (20)*
TORP	KLS	19 (5)	22 (7)	34 (14)	29 (13)	18 (6)	20 (8)	30 (12)	29 (15)
	SLK	47 (15)	44 (12)	33 (14)	43 (14)	33 (14)#	33 (13)#	23 (11)#	41 (8)
	LLS	66 (15)	65 (17)	67 (17)	71 (18)	51 (14)#	53 (16)#	53 (17)#	70 (16)

Tab. 3-1 Prä- und postoperative Hörschwellenbestimmung für das Gesamtkollektiv, sowie für die Untergruppen PORP und TORP Der Vergleich von prä- und postoperativem Hörverlust zeigt bei # eine signifikant geringere Hörschwelle ($p < 0,05$) vs. präoperativ. Der Vergleich der Untergruppen TORP und PORP zeigt bei * eine signifikant geringere Hörschwelle ($p < 0,05$) vs. TORP Untergruppe. (MW: Mittelwert, SD: Standardabweichung, KLS: Knochenleitungsschwelle, LLS: Luftleitungsschwelle SLK: berechnete Schallleitungskomponente)

Die PORP Untergruppe zeigte im Vergleich zu den Operationen, bei denen ein TORP eingesetzt wurde, präoperativ eine signifikant bessere Hörschwelle für Luftleitung von 13 dB bei 500 Hz und 15 dB bei 2000 Hz, sowie postoperativ von 9 dB bei 500 Hz, 10 dB bei 1000 Hz und 11 dB bei 4000 Hz. Der postoperative Unterschied von 8 dB bei 2000 Hz, sowie die prä- und postoperativen Unterschiede in der Knochenleitungsschwelle waren für alle Frequenzen nicht statistisch signifikant. Die Schallleitungskomponente dagegen unterschied sich sowohl prä- als auch postoperativ in allen getesteten Frequenzen statistisch signifikant. Die gemittelte SLK der PORP Gruppe war präoperativ bei 500 Hz um 13 dB, bei 1000 Hz um 10 dB, bei 2000 Hz um 15 dB und bei 4000 Hz um 13 dB, sowie postoperativ bei 500 Hz um 9 dB, bei 1000 Hz um 9 dB, bei 2000 Hz um 7 dB und bei 4000 Hz um 8 dB geringer als die SLK der TORP Untergruppe.

Die 6-Monats-Kontrolle zeigte im Gesamtkollektiv (Tab. 3-1, Abb. 3-1), sowie in der TORP und in der PORP Untergruppe eine signifikant gebesserte Hörschwelle für Luftleitung von

13/11/15 dB (gesamt/PORP/TORP) bei 500 Hz, 13/13/12 dB bei 1000 Hz und 9/7/14 dB bei 2000 Hz.

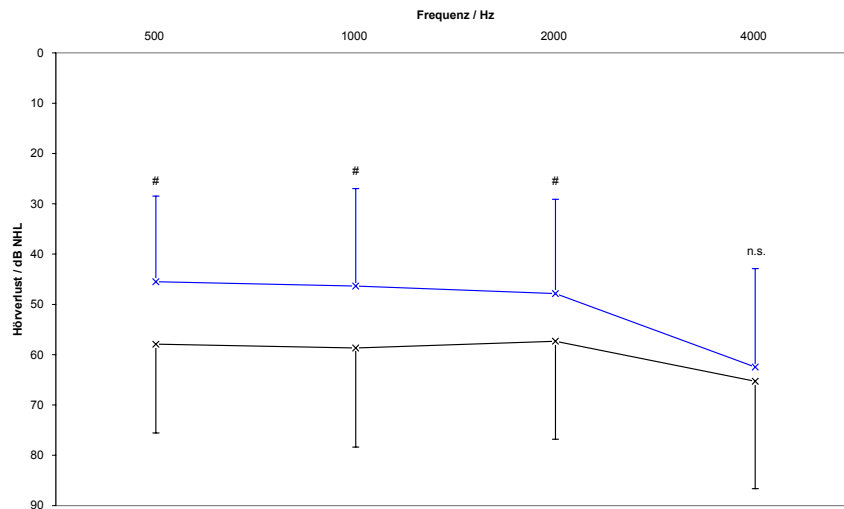


Abb. 3-1 Reintonaudiogramm mit gemittelter prä- und postoperativer Luftleitungsschwelle für das Gesamtkollektiv. Die blaue Kurve zeigt die gemittelte postoperative Luftleitungsschwelle, welche bei den Frequenzen 500 Hz, 1000 Hz und 2000 Hz signifikant niedriger als die präoperativ bestimmten Werte (schwarze Kurve) liegt. (#: $p < 0,05$ vs. präoperativ, n.s.: statistisch nicht signifikant mit $p > 0,05$)

Zusätzlich war auch die Besserung in der Knochenleitung mit 2 dB bei 1000 Hz, 4 dB bei 2000 Hz und 3 dB bei 4000 Hz im Gesamtkollektiv (Abb. 3-2), sowie in der PORP Untergruppe mit 4 dB bei 2000 Hz und 5 dB bei 4000 Hz statistisch signifikant. Die Besserungen der LLS bei 4000 Hz (Gesamtkollektiv: 3 dB, PORP: 3 dB, TORP: 1 dB) und der KLS in den übrigen Frequenzen erreichten nicht das Signifikanzniveau von $p < 0,05$.

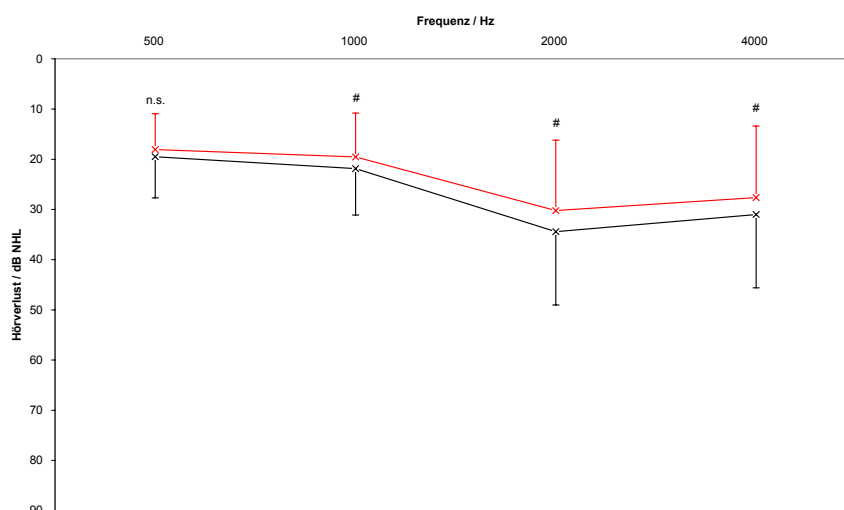


Abb. 3-2 Reintonaudiogramm mit gemittelter prä- und postoperativer Knochenleitungsschwelle für das Gesamtkollektiv. Die rote Kurve zeigt die gemittelte postoperative Knochenleitungsschwelle, welche bei den Frequenzen 1000 Hz, 2000 Hz und 4000 Hz signifikant niedriger als die präoperativ bestimmten Werte (schwarze Kurve) liegt. (#: $p < 0,05$ vs. präoperativ, n.s.: statistisch nicht signifikant mit $p > 0,05$)

Die aus der Differenz von LLS und KLS berechnete Schallleitungskomponente (SLK) verringerte sich postoperativ im Gesamtkollektiv jeweils statistisch signifikant (Abb. 3-3) um 11 dB bei 500 Hz, 10 dB bei 1000 Hz und 5 dB bei 2000 Hz, in der PORP Gruppe um 10 dB bei 500 Hz und 10 dB bei 1000 Hz, sowie in der TORP Gruppe um 14 dB bei 500 Hz, 11 dB bei 1000 Hz und 10 dB bei 2000 Hz. Die SLK bei 4000 Hz unterschied sich mit $p > 0,05$ weder für die TORP-, PORP- bzw. die Gesamtgruppe statistisch signifikant. Die Mittelwerte bei 4000 Hz waren dennoch in der Gesamtgruppe um 1 dB und in der PORP Gruppe um 3 dB schlechter als die präoperativ berechneten Werte. Die TORP Gruppe zeigte bei 4000 Hz eine ebenfalls nicht statistisch signifikante Besserung um 2 dB.

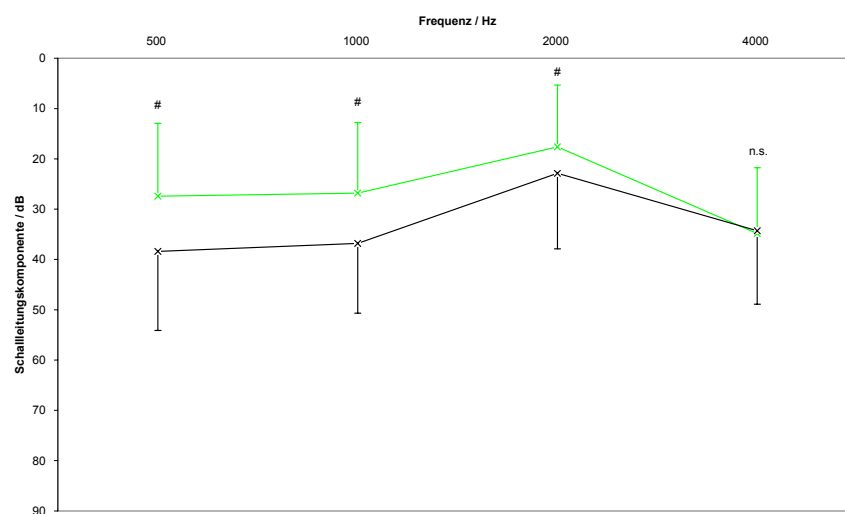


Abb. 3-3 Reintonaudiogramm mit gemittelter prä- und postoperativer Schallleitungskomponente für das Gesamtkollektiv. Die grüne Kurve zeigt die gemittelte postoperative Schallleitungskomponente, welche bei den Frequenzen 500 Hz, 1000 Hz und 2000 Hz signifikant niedriger als die präoperativ bestimmten Werte (schwarze Kurve) liegt. (#: $p < 0,05$ vs. präoperativ, n.s.: statistisch nicht signifikant mit $p > 0,05$)

3.1.2 Mittlerer Hörverlust (Pure Tone Average)

Die Hörschwellen für die einzelnen Frequenzen (vgl. 3.1.1) wurden nach den im Absatz 2.3.3 angegebenen Formeln als *pure tone average* (PTA) aus drei (3-FQ-PTA aus 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz) bzw. aus vier Frequenzen (4-FQ-PTA aus 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz) gemittelt.

Zunächst erfolgt auch hier der Vergleich von prä- und postoperativem mittlerem Hörverlust. Im Gesamt- und im PORP Kollektiv zeigen sich sowohl für die 3-FQ- als auch für die 4-FQ-Methode signifikant niedrigere Werte für KLS, LLS und SLK. Auch im TORP Kollektiv verringern sich postoperativ die Werte für KLS, LLS und SLK, wobei allerdings nur die Änderungen für die LLS und die SLK das Signifikanzniveau erreichen.

Der weitere Vergleich der TORP und PORP Untergruppen zeigt in beiden Methoden sowohl prä- als auch postoperativ signifikant geringere Werte für das PORP Kollektiv in der SLK und

der LLS. Die Unterschiede in der KLS und der Reduktion sind als 3- und als 4-FQ-PTA nicht signifikant.

PTA /dB MW (SD)		Präoperativ		Postoperativ		Reduktion	
		3-FQ	4-FQ	3-FQ	4-FQ	3-FQ	4-FQ
Gesamt	KLS	25 (9)	27 (10) §	23 (9) *	24 (10) *§	3 (7)	3 (7)
	SLK	33 (13)	33 (12)	24 (12) *	27 (12) *§	9 (14)	6 (13) §
	LLS	58 (18)	60 (18) §	47 (17) *	51 (17) *§	11 (16)	9 (15) §
PORP	KLS	25 (10)	27 (11) §	22 (9) *	23 (10) *§	3 (8)	3 (8)
	SLK	28 (12) #	29 (11) #	21(12) *#	24(12) *#§	7 (13)	5 (12) §
	LLS	54 (19) #	56 (19) #§	44(17) *#	47(17) *#§	10 (16)	8 (15) §
TORP	KLS	25 (8)	26 (9) §	23 (8)	24 (9) §	2 (5)	1 (5)
	SLK	41 (12)	42 (12)	30 (11) *	32 (10) *§	12 (15)	9 (13) §
	LLS	66 (15)	67 (15)	53 (15) *	57 (14) *§	13 (16)	10 (15) §

Tab. 3-2 Prä- und postoperativer mittlerer Hörverlust (PTA) für das Gesamtkollektiv, sowie für die Untergruppen PORP und TORP Der Vergleich von prä- und postoperativem Hörverlust zeigt bei * eine signifikant geringere Hörschwelle ($p < 0,05$) vs. präoperativ. Der Vergleich der Untergruppen TORP und PORP zeigt bei # eine signifikant geringerer Hörschwelle ($p < 0,05$) vs. TORP Untergruppe. Der Vergleich der Methoden, den mittleren Hörverlust aus drei (3-FQ) bzw. aus vier (4-FQ) Frequenzen zu bilden, zeigt bei § signifikante Unterschiede vs. 3-FQ-PTA. (MW: Mittelwert, SD: Standardabweichung, KLS: Knochenleitungsschwelle, LLS: Luftleitungsschwelle, SLK: Schalleitungskomponente)

Der Vergleich der Methoden, den mittleren Hörverlust aus drei (3-FQ) bzw. aus vier (4-FQ) Frequenzen zu bilden (vgl. Tab. 3-2, Abb. 3-4), zeigt präoperativ im 4-FQ-PTA für alle drei Kollektive eine signifikant höhere KLS, sowie in der Gesamt- und der PORP Gruppe zusätzlich eine höhere LLS. Postoperativ liegen im Vergleich zur 3-FQ-PTA sowohl KLS, LLS und SLK in allen drei Gruppen signifikant höher. Als 4-FQ-PTA zeigt sich schließlich ebenfalls in allen drei Kollektiven eine signifikant niedrigere Reduktion der SLK und der LLS (Abb. 3-6). Die Reduktionen der KLS unterscheiden sich in den Methoden nicht statistisch signifikant

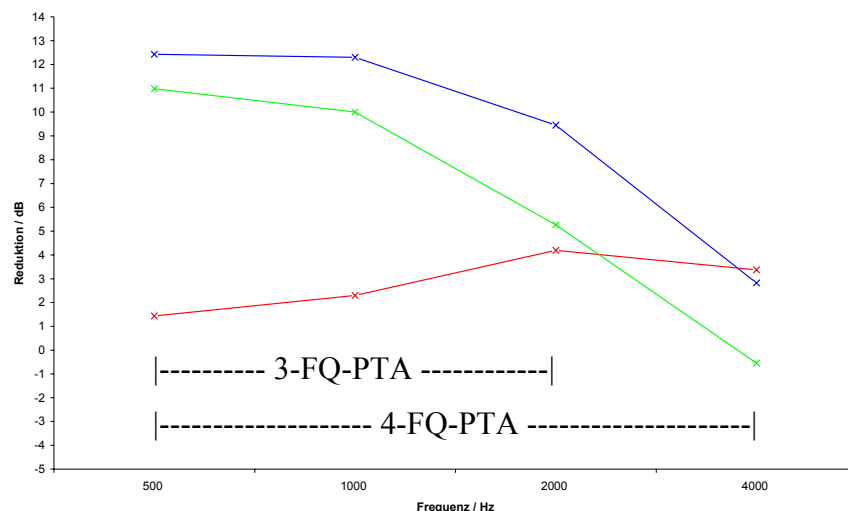


Abb. 3-4 Reduktion von LLS, KLS und SLK für das Gesamtkollektiv in Abhängigkeit der Frequenz Die Unterschiede zwischen 3-FQ- und 4-FQ-PTA sind für die LLS (blaue Kurve) und SLK (grüne Kurve) statistisch signifikant. 3-FQ- und 4-FQ-PTA der KLS (rote Kurve) unterscheiden sich nicht statistisch signifikant.

3.1.3 Ergebnisse der Erfolgsbeurteilung

3.1.3.1 Postoperative Schalleitungskomponente

Die Abbildungen 3-5 und 3-6 zeigen im Histogramm die Häufigkeitsverteilung der postoperativen Schalleitungskomponente.

Der Fletcher Index als Anteil der postoperativen SLKs kleiner gleich 20 dB beträgt bei Bestimmung des mittleren Hörverlusts der Frequenzen 500 Hz, 1000 Hz und 2000 Hz (3-FQ-PTA) für das Gesamtkollektiv 49%, für die TORP Untergruppe 29% und für die PORP Untergruppe 62%. Im Bereich kleiner gleich 30 dB liegen im Gesamtkollektiv 71%, in der TORP Gruppe 50% und in der PORP Gruppe 79% der Operationsergebnisse.

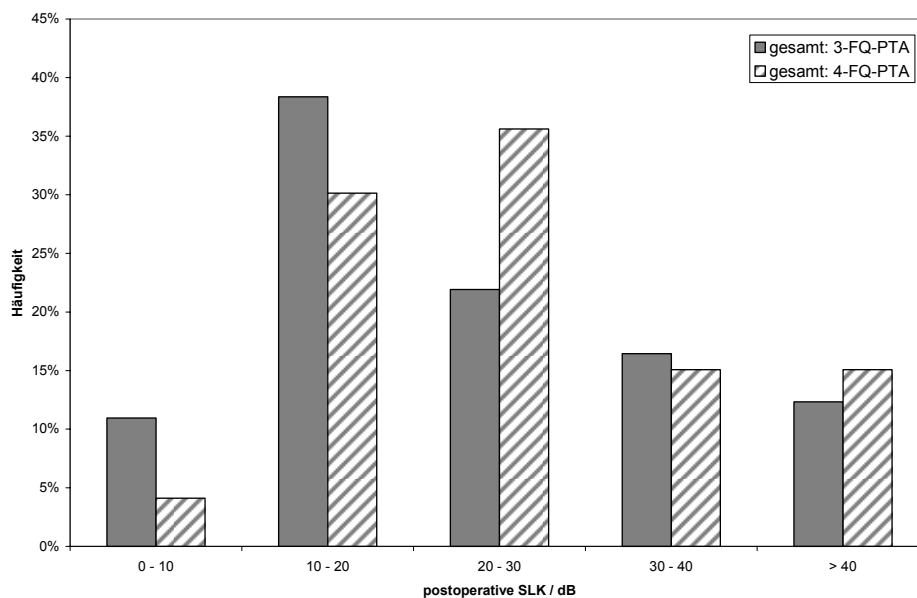


Abb. 3-5 Häufigkeitsverteilung der postoperativen Schalleitungskomponente des Gesamtkollektivs Der Anteil der postoperativen SLK kleiner 20 dB liegt bei Bestimmung als 3-FQ-PTA bei 49% und als 4-FQ-PTA bei 34 % ($p < 0,05$). Der Anteil kleiner 30 dB (3-FQ: 71%, 4-FQ: 70%) unterscheidet sich nicht statistisch signifikant.

Die Ergebnisse bei Hinzunahme der 4000 Hz Frequenz als 4-FQ-PTA unterscheiden sich im Bereich kleiner gleich 20 dB mit gesamt: 34%, TORP: 13% und PORP: 44% statistisch signifikant und im Bereich kleiner gleich 30 dB mit gesamt: 70%, TORP: 46% und PORP: 79% nicht signifikant von den Ergebnissen des 3-FQ-PTAs.

Der Vergleich der TORP und PORP Untergruppen zeigt sowohl als 3-FQ als auch als 4-FQ-PTA im Bereich kleiner gleich 20 dB und im Bereich kleiner gleich 30 dB signifikant besserer Ergebnisse für die PORP Gruppe. Im 3-FQ-PTA erreichen 62% der PORP Operationen eine postoperative SLK kleiner gleich 20 dB (vs. 29% TORP) und im 4-FQ-PTA 44% PORP vs. 13% TORP.

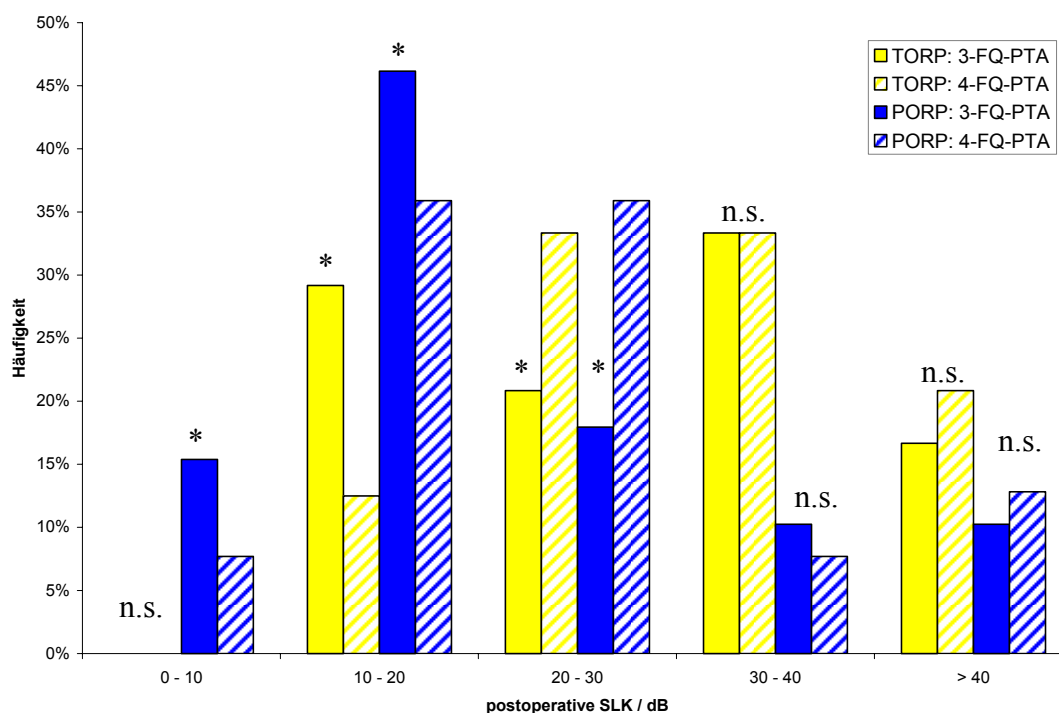


Abb. 3-6 Häufigkeitsverteilung der postoperativen Schalleitungskomponente im PORP und TORP Kollektiv In den Bereichen 0 - 10 dB, 10 - 20 dB sowie 20 - 30 dB unterscheiden sich die Anteile der SLK_{post} in Abhängigkeit der Berechnungsmethode statistisch signifikant voneinander. In den Bereichen darüber unterscheiden sich die Anteile nicht statistisch signifikant. Diese Differenzen bedingen dann auch die signifikanten Unterschiede im kumulativen Anteil der postoperativen SLK kleiner 20 dB bzw. kleiner 30 dB (vgl. Tab. 3-3). (*: $p < 0,05$ vs. 4-FQ-PTA; n.s.: kein statistisch signifikanter Unterschied)

Bei Beurteilung der postoperativen Schalleitungskomponente als alleiniges Erfolgskriterium zeigten demnach analog zum Fletcher Index und den Bewertungen Wullsteins im 3-FQ-PTA 49% aller Operationen, 62% der mit einem PORP und 29% der TORP operierten ein „gutes“ Ergebnis. Im 4-FQ-PTA wurde dies mit 34% in der Gesamt-, 44% in der PORP und 13% in der TORP Gruppe signifikant seltener erreicht (vgl. Tab. 3-3).

Bereich	Alle (n = 73)		TORP (n = 24)		PORP (n = 39)	
	3-FQ-PTA	4-FQ-PTA	3-FQ-PTA	4-FQ-PTA	3-FQ-PTA	4-FQ-PTA
≤ 10 dB	11 % *	4 %	0 %	0 %	15 % *#	8 % #
≤ 20 dB	49 % *	34 %	29 % *	13 %	62 % *#	44 % #
≤ 30 dB	71 %	70 %	50 %	46 %	79 % #	79 % #
≤ 40 dB	88 %	85 %	83 %	79 %	90 % #	87 % #
> 40 dB	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Tab. 3-3 Kumulative postoperative Schalleitungskomponente Der Vergleich der drei (3-FQ-PTA) und vier Frequenz (4-FQ-PTA) Methode zur Ermittlung der mittleren postoperativen Schalleitungskomponente zeigt signifikante Unterschiede im Bereich bis 20 dB und keinen Signifikanz im Bereich bis 30 dB. Unabhängig davon sind die kumulativen Ergebnisse der PORP Gruppe in allen Bereichen statistisch signifikant besser als die der TORP Gruppe. (*: $p < 0,05$ vs. 4-FQ-PTA; #: $p < 0,05$ vs. TORP)

3.1.3.2 Amsterdam Hearing Evaluation Plots

Amsterdam Hearing Evaluation Plot I (AHEP I): Die Beurteilung der Veränderung der KLS im AHEP I (Abb. 3-7) zeigt, dass mit der 3-FQ Methode 64 von 73 Operationen (88 %) und mit der 4-FQ Methode 68 der 73 Operationen (93 %) zwischen den gepunkteten ± 10 dB Knochenleitungsänderungsgeraden liegen und damit nach den Kriterien de Bruijns eine annähernd unveränderte prä- und postoperative Knochenleitungsschwelle haben. Eine um mehr als 10 dB gebesserte KLS liegt als 3-FQ-PTA in 7 (10 %) und als 4-FQ-PTA in 4 Fällen (5 %) vor.

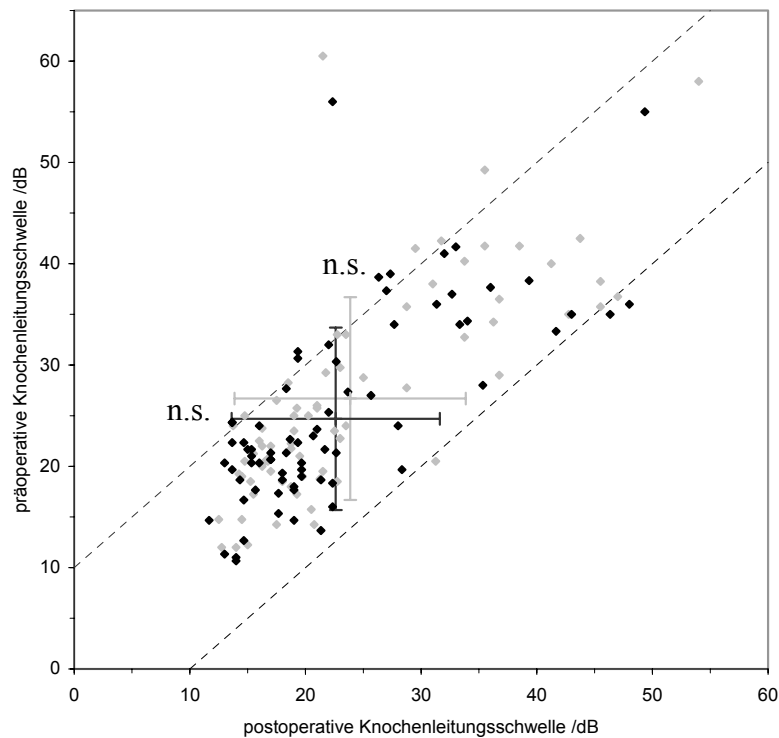
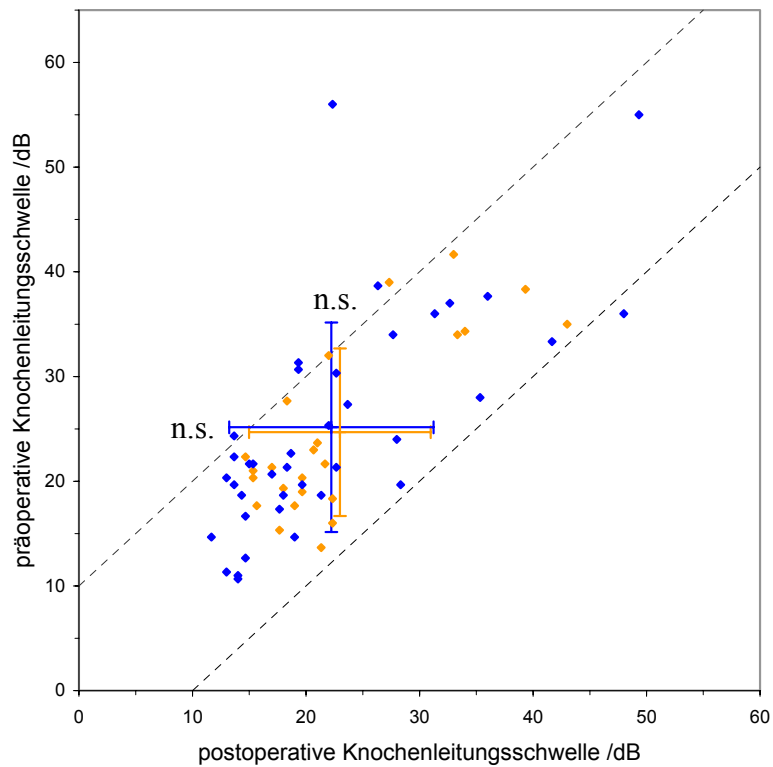


Abb. 3-7 Amsterdam Hearing Evaluation Plot I - Gesamtkollektiv Der Vergleich von prä- und postoperativer Knochenleitungsschwelle (KLS) als 3-FQ-PTA (schwarze Punkte) bzw. als 4-FQ-PTA (graue Punkte) zeigt im 3-FQ-PTA zwei und im 4-FQ-PTA einen Fall (jeweils unterhalb der unteren ± 10 dB Korridor Begrenzung), in denen sich die postoperative KLS um mehr als 10 dB verschlechtert hat. (Plotdarstellung mit Mittelwert und Standardabweichungskreuz; n.s.: kein statistisch signifikanter Unterschied)

Bei Definition eines Operationsmisserfolgs als Verschlechterung der KLS um größer 10 dB, trat dies bei Berechnung als 3-FQ-PTA in zwei (3 %) und im 4-FQ-PTA in nur einem der insgesamt 73 Fälle (1 %) ein. In der TORP Gruppe war dies unabhängig von der Berechnungsmethode in keinem der 24 Operationen (0 %) und in der PORP Gruppe ebenfalls methodenunabhängig in einem der 39 Operationen (3 %) der Fall (siehe Abb. 3-10 a,b).

Diese Werte für die Erfolgs- bzw. Misserfolgsbeurteilung unterscheiden sich im Gegensatz zu den Mittelwerten (vgl. 3.1.2) weder bei den verwendeten Methoden noch im Vergleich von TORP und PORP Untergruppe statistisch signifikant voneinander ($p > 0,05$).

A: 3-FQ-PTA



B: 4-FQ-PTA

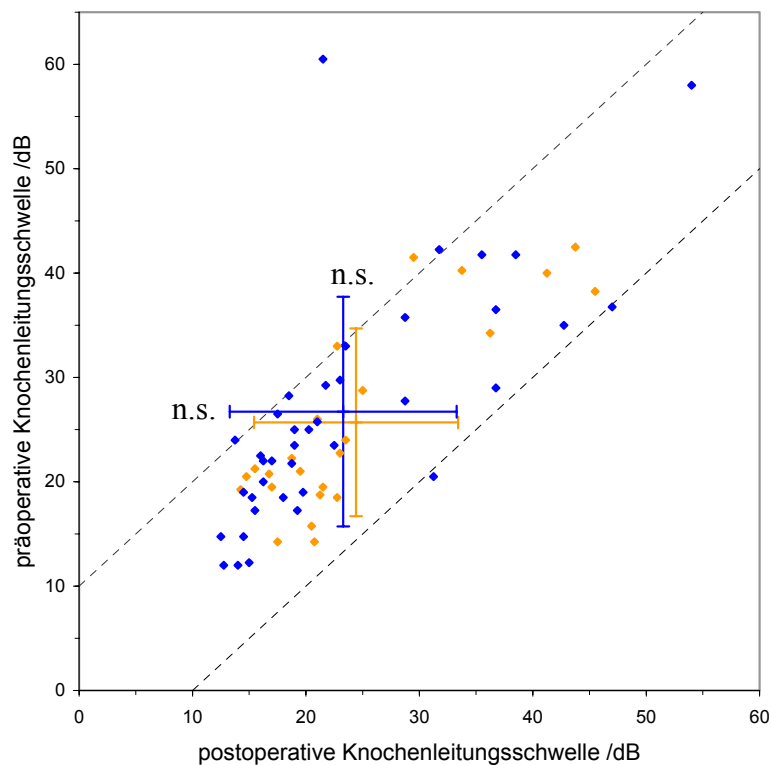


Abb. 3-8 Amsterdam Hearing Evaluation Plot I – TORP vs. PORP Der Vergleich von PORP (blaue Punkte) und TORP Untergruppe (gelbe Punkte) im AHEP I zeigt keinen statistisch signifikanten Unterschied im Anteil der Verschlechterungen der KLS um mehr als 10 dB (3 % der PORP vs. 0 % der TORP). (Plotdarstellung der 3-FQ-PTA [A] und 4-FQ-PTA [B] mit Mittelwert und Standardabweichungskreuz; n.s.: kein statistisch signifikanter Unterschied)

Amsterdam Hearing Evaluation Plot II (AHEP II): Nachdem im AHEP I gezeigt werden konnte, dass die KLS postoperativ annähernd unverändert bleibt, werden in Ergänzung dazu aus dem AHEP II Aussagen über Veränderungen der LLS in Abhängigkeit der präoperativen SLK abgelesen und damit der Erfolg der Operation nach den Kriterien de Bruijns beurteilt. Diese Forderung, bei Reduktion der LLS höchstens eine Differenz von 20 dB aus präoperativer SLK und LLS-Veränderung zu haben, wurde auch hier zunächst im Vergleich der Methoden und dann der Untergruppen geprüft. Im AHEP II des Gesamtkollektivs (Abb. 3-9) lagen bei Berechnung als 3-FQ-PTA 39 der 73 Operationen (53 %) im „Erfolgssektor“ (vgl. Abb. 2-9) und galten somit durch Erfüllung der o.g. Kriterien als Operationserfolg. Bei Verwendung der 4-FQ-PTA Methodik traf dies auf 30 der 73 Operationen (41 %) zu.

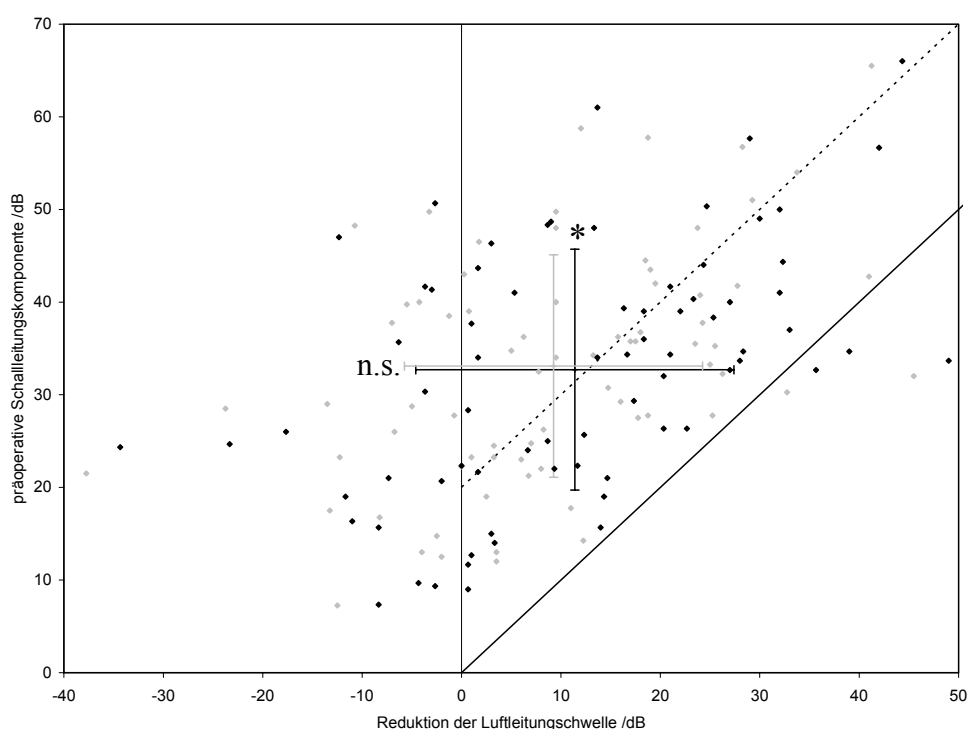
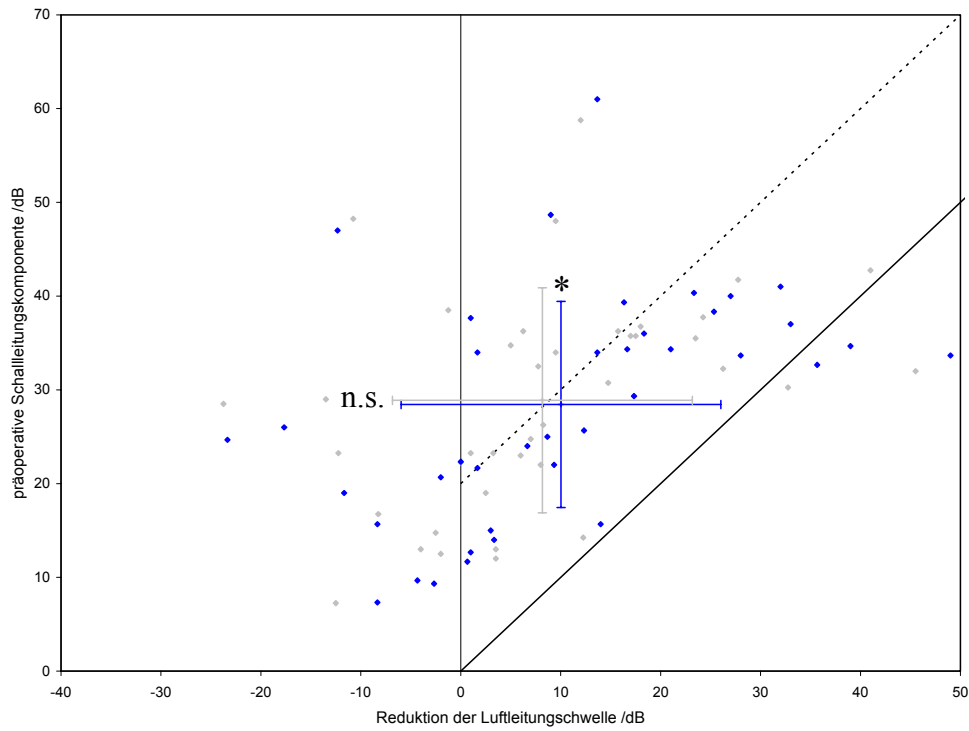


Abb. 3-9 Amsterdam Hearing Evaluation Plot II - Gesamtkollektiv Die Berechnung als 3-FQ-PTA (schwarze Punkte) erreichte eine signifikant höhere Erfolgsquote (53 % vs. 41 %) als in der 4-FQ-PTA Methode (graue Punkte). (Plotdarstellung mit Mittelwert und Standardabweichungskreuz; *: $p < 0,05$ vs. 4-FQ-PTA; n.s.: kein statistisch signifikanter Unterschied)

Der AHEP II der PORP Untergruppe (Abb. 3-10 a) identifizierte 24 der 39 (62 %) in der 3-FQ-PTA und 20 der 39 (51 %) in der 4-FQ-PTA als Operationserfolg. In der TORP Gruppe (Abb. 3-10 b) konnten diese Kriterien lediglich von 8 der 24 (33 %) im 3-FQ- bzw. von 4 der 24 (17 %) Operationen im 4-FQ-PTA erfüllt werden.

Die günstigeren Werte bei Gebrauch der 3-FQ-Methode erreichten in allen drei Kollektiven das Signifikanzniveau von $p < 0,05$ vs. 4-FQ-PTA. Der Vergleich von TORP und PORP Gruppe lieferte sowohl im 3-FQ-PTA (Abb. 3-11 a) als auch im 4-FQ-PTA (Abb. 3-11 b) signifikant günstigere Werte für die PORP Untergruppe ($p < 0,05$ vs. TORP).

A: PORP



B: TORP

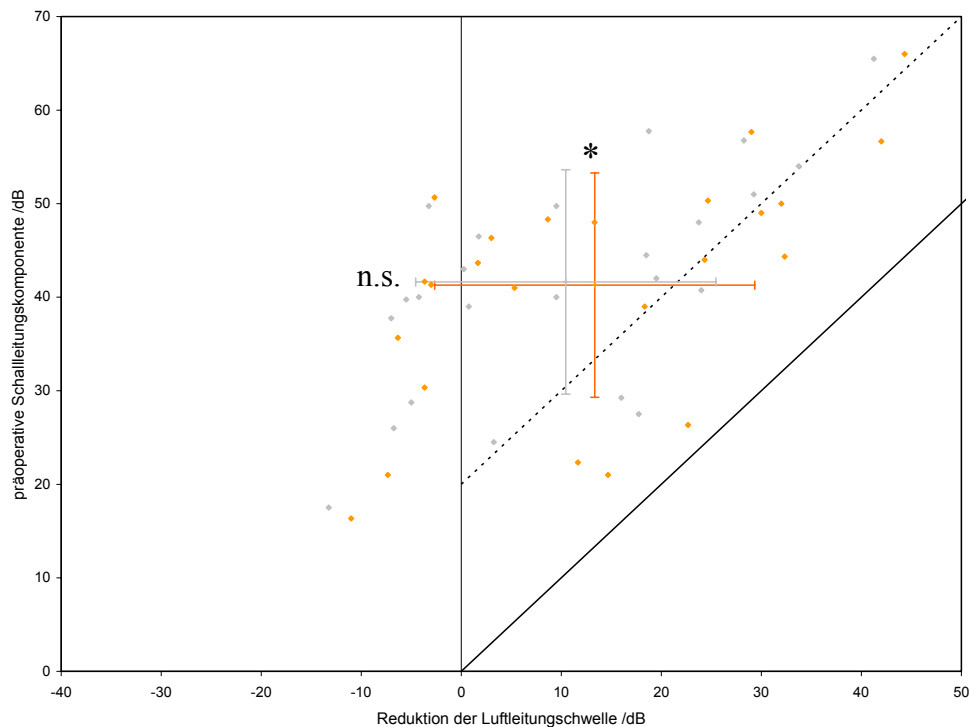
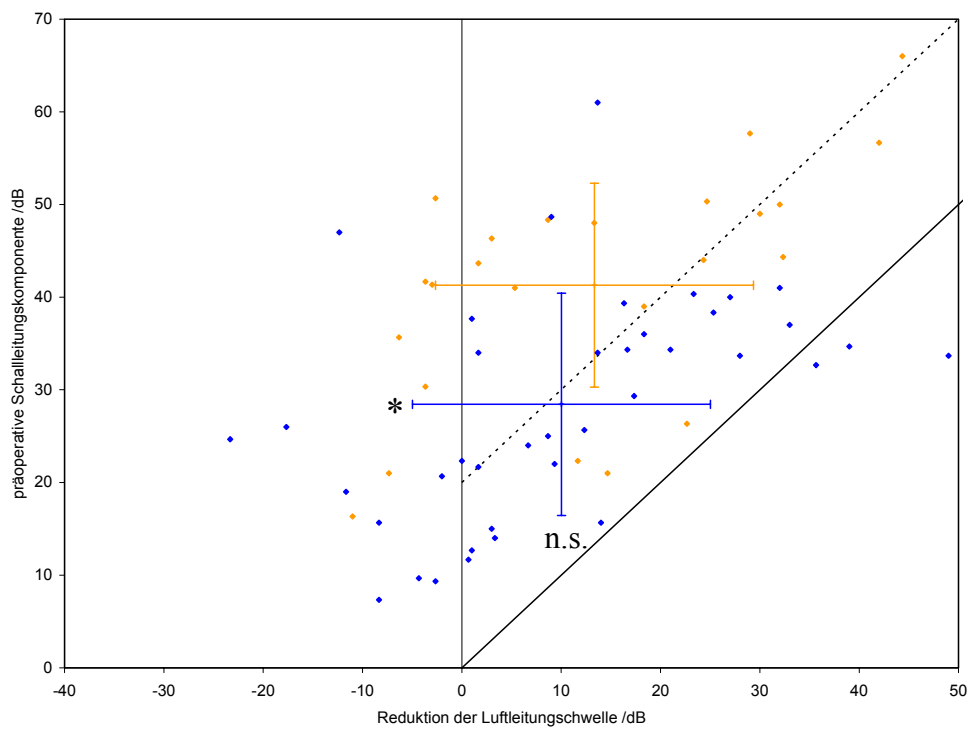


Abb. 3-10 Amsterdam Hearing Evaluation Plot II – Untergruppen Die Berechnung als 3-FQ-PTA (PORP: blaue, TORP: gelbe Punkte) erreichte sowohl in der PORP- mit 24 von 39 (62 %) als auch in der TORP-Gruppe mit 8 von 24 (33 %) eine signifikant höhere Erfolgsquote als in der 4-FQ-PTA Methode (graue Punkte) mit 20 von 39 PORPs (51 %) und 4 von 24 TORPs (17 %). (Plotdarstellung der Untergruppen PORP [A] und TORP [B] mit Mittelwert und Standardabweichungskreuz; *: $p < 0,05$ vs. 4-FQ-PTA; n.s.: kein statistisch signifikanter Unterschied)

A: 3-FQ-PTA



B: 4-FQ-PTA

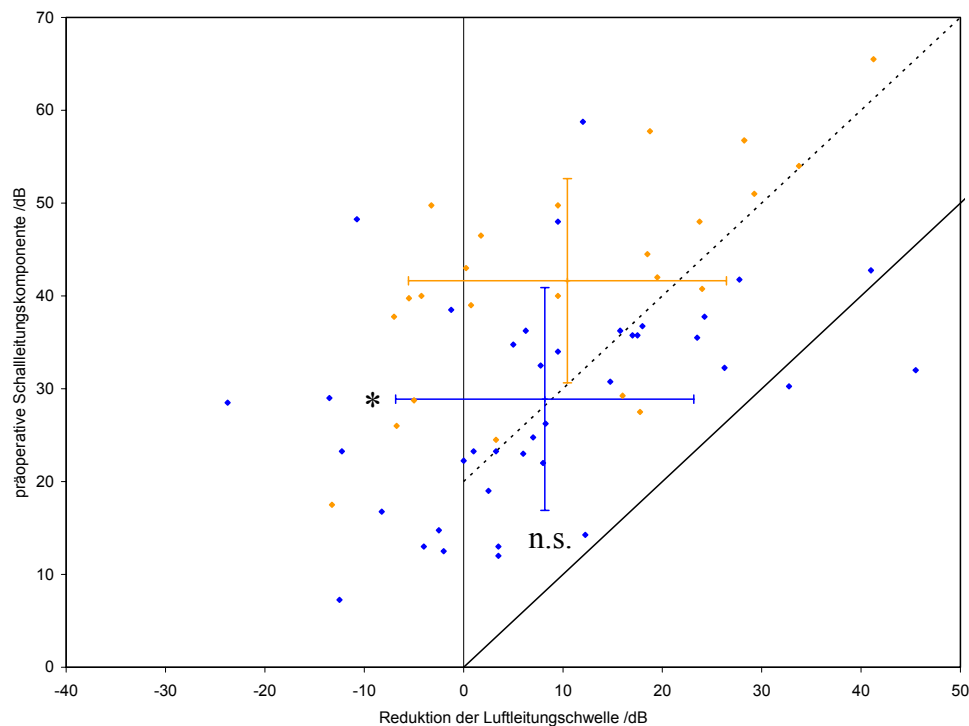


Abb. 3-11 Amsterdam Hearing Evaluation Plot II – TORP vs. PORP Der Vergleich von PORP (blaue Punkte) und TORP Untergruppe (gelbe Punkte) im AHEP II zeigt eine statistisch signifikant höhere Erfolgsquote sowohl als 3-FQ-PTA (62 % vs. 33 %, $p < 0,05$) als auch als 4-FQ-PTA (51 % vs. 17 %, $p < 0,05$). (Plotdarstellung der 3-FQ-PTA [A] und 4-FQ-PTA [B] mit Mittelwert und Standardabweichungskreuz; *: $p < 0,05$ vs. TORP; n.s.: kein statistisch signifikanter Unterschied)

3.1.3.3 Munich Audio Plots

Munich Audio Plot 1 (MAP-1): Die Auswertung der Operationen im MAP-1 kann die Änderung von KLS, LLS und auch SLK erfassen und prüft anhand der im Abschnitt 2.3.4.3 festgelegten Erfolgskriterien die Ergebnisse in Abhängigkeit der Berechnungsmethode (3-FQ-PTA vs. 4-FQ-PTA) und der Untergruppenzugehörigkeit (TORP vs. PORP).

Bei Berechnung als 3-FQ-PTA zeigt der MAP-1 des Gesamtkollektivs (Abb. 3-12) in 38 der 73 Operationen (52 %) eine postoperative Besserung der LLS ≥ 10 dB („hörverbessernd“), in 29 der 73 (40 %) eine annähernd unveränderte LLS ($|\Delta \text{LLS}| < 10$ dB; „hörerhaltend“) und in 6 der 73 (8 %) eine postoperative Verschlechterung der LLS ≥ 10 dB. Die SLK besserte sich in 37 von 73 Fällen (51 %) um ≥ 10 dB, blieb in 29 (40 %) annähernd unverändert ($|\Delta \text{SLK}| < 10$ dB) und verschlechterte sich in 7 Fällen (10 %) ≥ 10 dB. Die Betrachtung der KLS lieferte die schon beim AHEP I (vgl. 3.1.3.2) aufgezeigten Ergebnisse.

Die Erfolgsbeurteilung im MAP-1 durch Kombination dieser Ergebnisse im Sinne einer Sektorenanalyse als MAP-1 Index zeigt, dass es in 51 % der Fälle zu einer „hörverbessernden“ Operation ohne Innenohrschaden gekommen ist ($\Delta \text{LLS} \geq 10$ dB, $\Delta \text{KLS} \geq -10$ dB), von denen 92 % auf eine Besserung der SLK ($\Delta \text{SLK} \geq 10$ dB) zurückgeführt werden konnten.

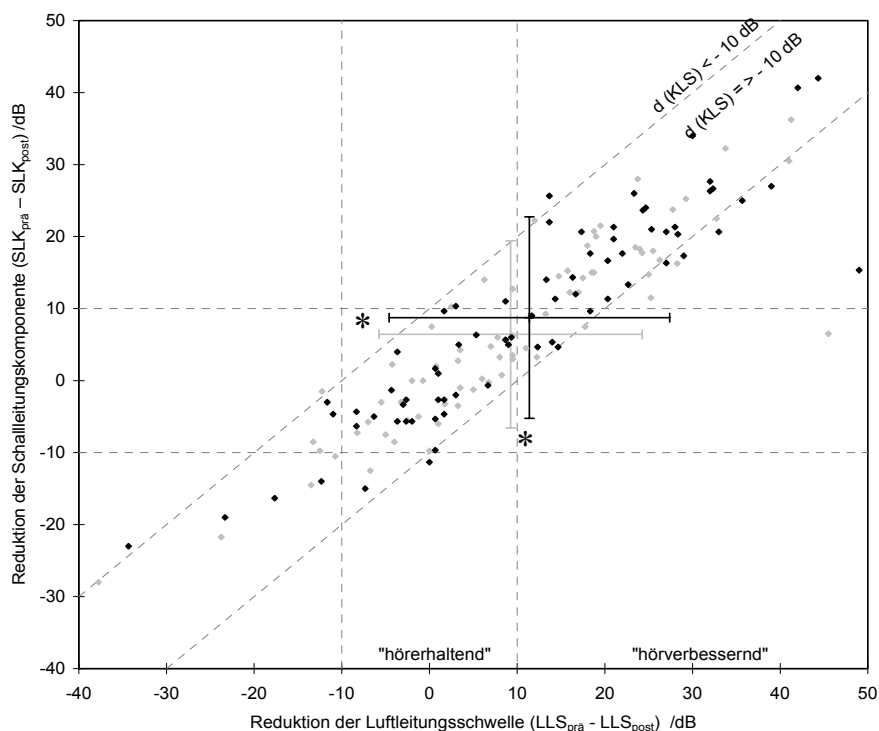


Abb. 3-12 Munich Audio Plot 1 – Gesamtkollektiv Eine „hörverbessernde“ Operation ($\Delta \text{LLS} \geq 10$ dB) ohne Innenohrschaden ($\Delta \text{KLS} \geq -10$ dB) liegt als 3-FQ-PTA (schwarze Punkte) in 51 % und als 4-FQ-PTA (graue Punkte) in 42 % vor ($n = 73$). Der MAP-1 zeigt, dass diese Operationserfolge in 92 % (3-FQ) bzw. 88 % (4-FQ) vor allem auf eine signifikant gebesserte SLK ($\Delta \text{SLK} \geq 10$ dB) zurückzuführen sind. Die restlichen Erfolge resultieren aus einer Besserung der KLS bei annähernd unveränderter SLK ($|\Delta \text{SLK}| < 10$ dB). (Plotdarstellung mit Mittelwert und Standardabweichungskreuz; *: $p < 0,05$ vs. 4-FQ-PTA)

Bei Berechnung der audiologischen Parameter als 4-FQ-PTA findet sich in 44 % eine postoperative Besserung der LLS ≥ 10 dB, in 59 % eine annähernd unveränderte LLS und in 10 % eine postoperative Verschlechterung der LLS ≥ 10 dB. Die SLK besserte sich in 41 % um ≥ 10 dB, blieb in 47 % annähernd unverändert und verschlechterte sich in 10 % der Fälle ≥ 10 dB. Als 4-FQ-PTA wurden im MAP-1 42 % der Operationen als Erfolg (Δ LLS ≥ 10 dB, Δ KLS ≥ -10 dB) gewertet, von denen 88 % auf einer Besserung der SLK (Δ SLK ≥ 10 dB) basierten. Die restlichen Erfolge resultieren aus einer Besserung der KLS bei annähernd unveränderter SLK ($|\Delta$ SLK $| < 10$ dB).

Der MAP-1 der PORP Untergruppe (n = 39; Abb. 3-13 a) klassifiziert 46 % bei Berechnung als 3-FQ-PTA und 37 % bei Berechnung als 4-FQ-PTA als „hörverbessernd“ und 44 % bzw. 51 % als „hörrhaltend“. Eine SLK Verbesserung wurde in 44 % bzw. 36 %, ein annäherndes Gleichbleiben der SLK in 46 % bzw. 51 % gefunden.

In der TORP Untergruppe (n = 24; Abb. 3-13 b) wurde eine LLS ≥ 10 dB in 54 % (3-FQ-PTA) bzw. 46 % (4-FQ-PTA), eine $|\Delta$ LLS $| < 10$ dB in 42 % bzw. 50 %, eine SLK ≥ 10 dB in 54 % bzw. 46 % sowie eine $|\Delta$ SLK $| < 10$ dB in 42 % bzw. 50 % erreicht.

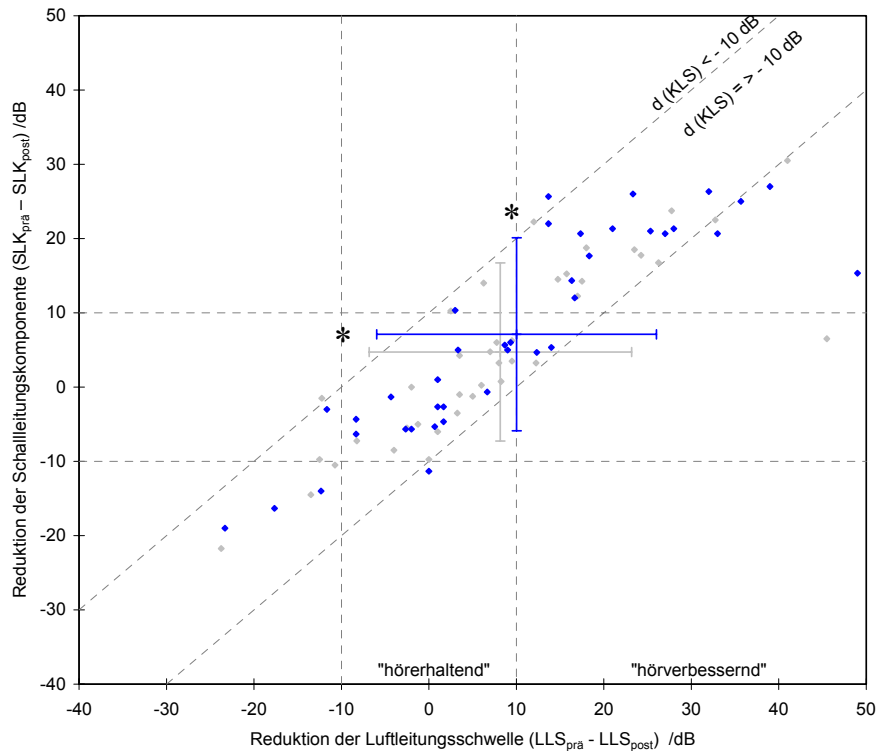
Die Erfolgsbeurteilung im MAP-1 für die PORP und TORP Untergruppe durch Kombination der o.g. Ergebnisse zum MAP-1 Index zeigt, dass es in der PORP Gruppe in 44 % (3-FQ-PTA) bzw. 33 % (4-FQ-PTA) und in der TORP Gruppe in 54 % bzw. 46 % der Fälle zu einer „hörverbessernden“ Operation ohne Innenohrschaden gekommen ist (Δ LLS ≥ 10 dB, Δ KLS ≥ -10 dB). Dabei lag den Operationserfolgen in der TORP Gruppe in 89 % (3-FQ-PTA) bzw. 71 % (4-FQ-PTA) und in der PORP Gruppe in 85 % bzw. in 82 % eine Besserung der SLK (Δ SLK ≥ 10 dB) zugrunde.

Sowohl in der TORP und der PORP Untergruppe (Abb. 3-13), als auch im Gesamtkollektiv (Abb. 3-13) erreichen die Erfolgsbeurteilungen bei Gebrauch der 3-FQ-Methode mit $p < 0,05$ statistisch signifikant günstigere Werte als bei Berechnung als 4-FQ-PTA.

Der Vergleich von TORP und PORP Gruppe lieferte sowohl im 3-FQ-PTA (Abb. 3-14 a) als auch im 4-FQ-PTA (Abb. 3-14 b) tendenziell günstigere Werte für die TORP Untergruppe, deren Mittelwerte sich aber mit $p > 0,05$ statistisch nicht signifikant von denen der PORP Untergruppe unterscheiden.

Dagegen wurde in der Auswertung der Erfolgsbeurteilung des MAP-1 Index im χ^2 -Test für Vierfeldertafeln das Signifikanzniveau von $p < 0,05$ mit signifikant höheren Erfolgsraten in der TORP Untergruppe erreicht.

A: PORP



B: TORP

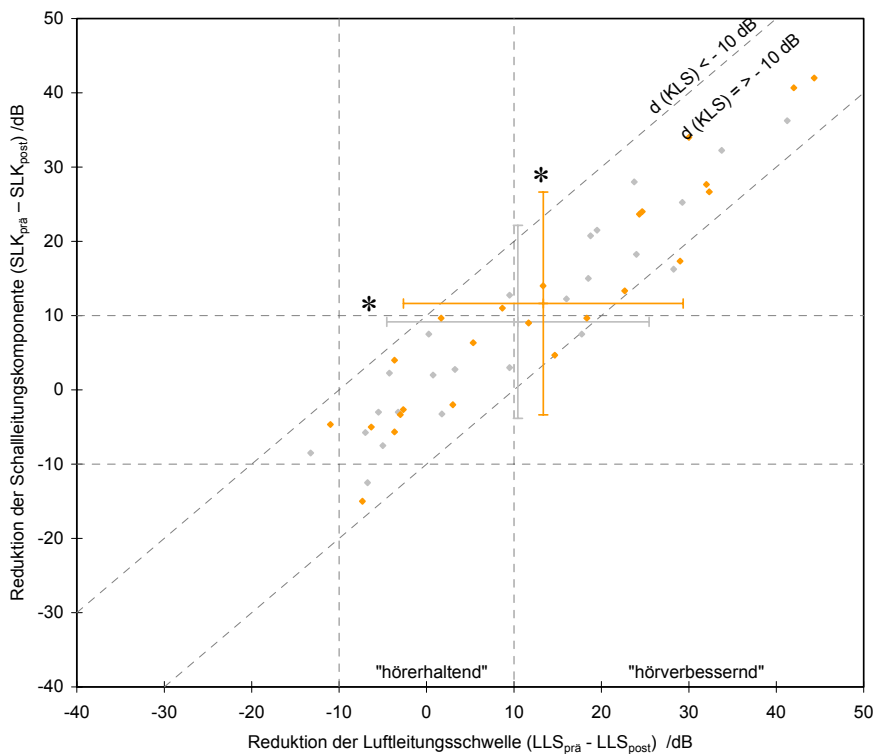
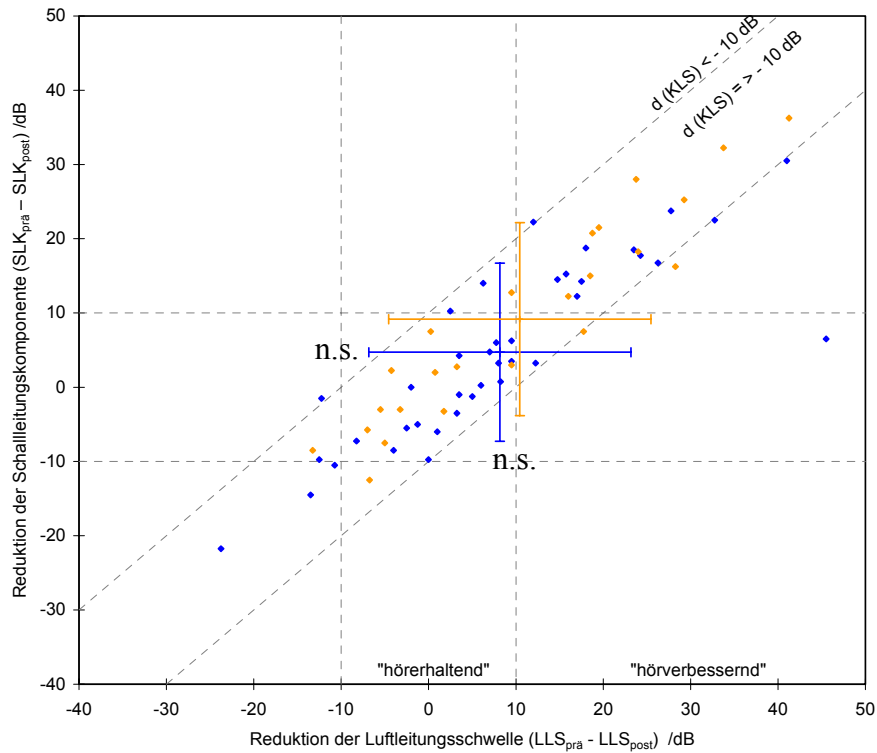


Abb. 3-13 Munich Audio Plot 1 – Untergruppen Der Anteil an Operationserfolgen mit Hörverbesserung (Δ LLS ≥ 10 dB) ohne Innenohrschaden (Δ KLS ≥ -10 dB) ist bei Berechnung als 3-FQ-PTA (PORP: blaue, TORP: gelbe Punkte) sowohl in der PORP- mit 17 von 39 (44 %) als auch in der TORP-Gruppe mit 13 von 24 (54 %) signifikant höher als in der 4-FQ-PTA Methode (graue Punkte) mit 13 von 39 PORPs (33 %) und 11 von 24 TORPs (46 %). (Plotdarstellung der Untergruppen PORP [A] und TORP [B] mit Mittelwert und Standardabweichungskreuz; *: $p < 0,05$ vs. 4-FQ-PTA)

A: 3-FQ-PTA



B: 4-FQ-PTA

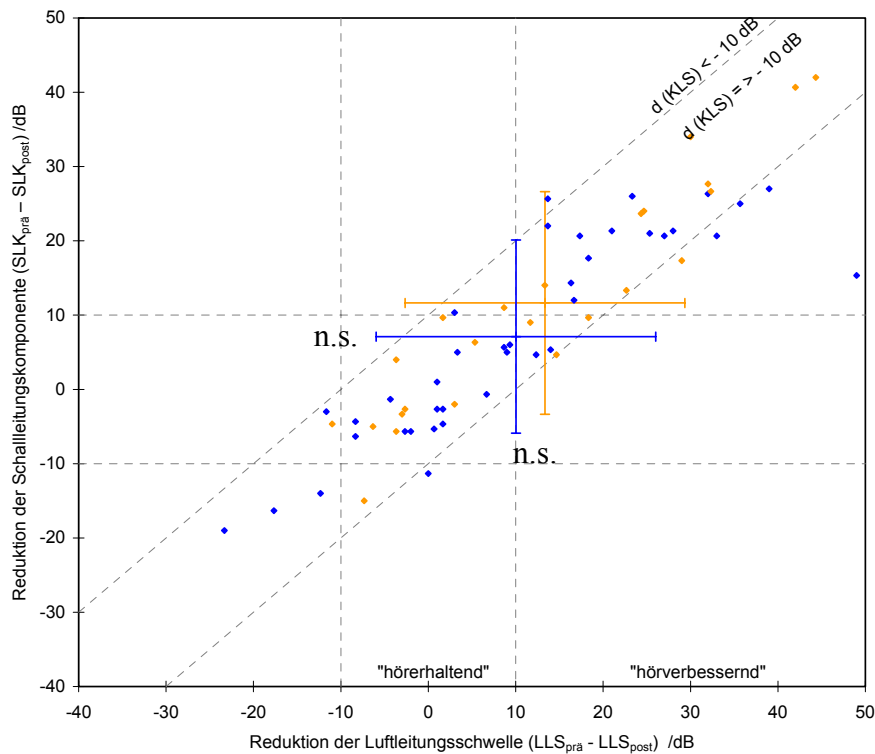


Abb. 3-14 Munich Audio Plot 1 – TORP vs. PORP Der Vergleich von PORP (blaue Punkte) und TORP Untergruppe (gelbe Punkte) im MAP-1 zeigt weder als 3-FQ-PTA noch als 4-FQ-PTA einen statistisch signifikanten Unterschied in der Verteilung. Die Forderung einer „hörverbessernden“ Operation ohne Innenohrschaden wurde jedoch in der TORP Gruppe signifikant häufiger erfüllt. 3-FQ-PTA: 54 % vs. 44 %, 4-FQ-PTA: 46 % vs. 33 %. (Plotdarstellung der 3-FQ-PTA [A] und 4-FQ-PTA [B] mit Mittelwert und Standardabweichungskreuz; n.s.: kein statistisch signifikanter Unterschied)

Munich Audio Plot 2 (MAP-2): Die Auswertung der Operationen im MAP-2 prüft, in wie weit es gelungen ist, eine Hörverbesserung durch eine möglichst geringe postoperative SLK (SLK_{post}) zu erzielen. Auch in dieser Darstellungsform sollen die Ergebnisse zunächst in Abhängigkeit der Berechnungsmethode (3-FQ-PTA vs. 4-FQ-PTA) und dann der Untergruppenzugehörigkeit (TORP vs. PORP) analysiert werden.

Bei Mittelung über drei Frequenzen (3-FQ-PTA) konnte im Gesamtkollektiv (Abb. 3-15) in 36 der 73 Operationen (49 %) eine $SLK_{\text{post}} \leq 20$ dB erhalten bzw. erreicht werden. Als 4-FQ-PTA traf dies für 25 der 73 Operationen (34 %) zu. Der MAP-2 Index wurde durch den Anteil der hörverbessernden Operationen ($\Delta LLS \geq 10$ dB) mit einer postoperativen $SLK \leq 20$ dB bestimmt und lag als 3-FQ-PTA bei 34 % und als 4-FQ-PTA bei 23 %.

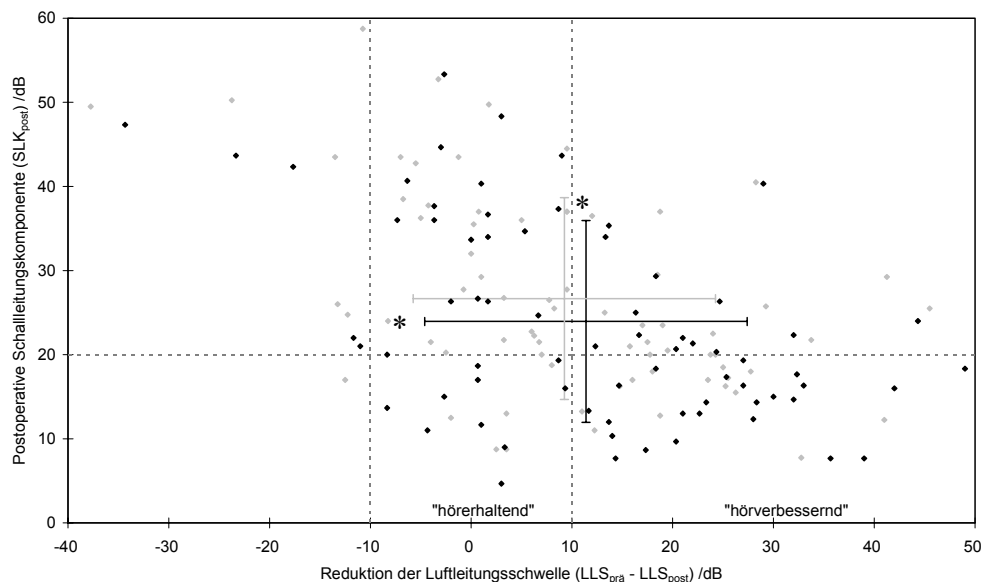


Abb. 3-15 Munich Audio Plot 2 – Gesamtkollektiv Eine „hörverbessernde“ Operation ($\Delta LLS \geq 10$ dB) mit geringer postoperativer SLK ($SLK_{\text{post}} \leq 20$ dB) liegt als 3-FQ-PTA (schwarze Punkte) in 34 % und als 4-FQ-PTA (graue Punkte) in 23 % vor ($n = 73$). Bei den „hörerhaltenden“ Operationen liegt dieser Anteil bei 15 % bzw. 10 %. (Plotdarstellung mit Mittelwert und Standardabweichungskreuz; *: statistisch signifikant mit $p < 0,05$ vs. 4-FQ-PTA)

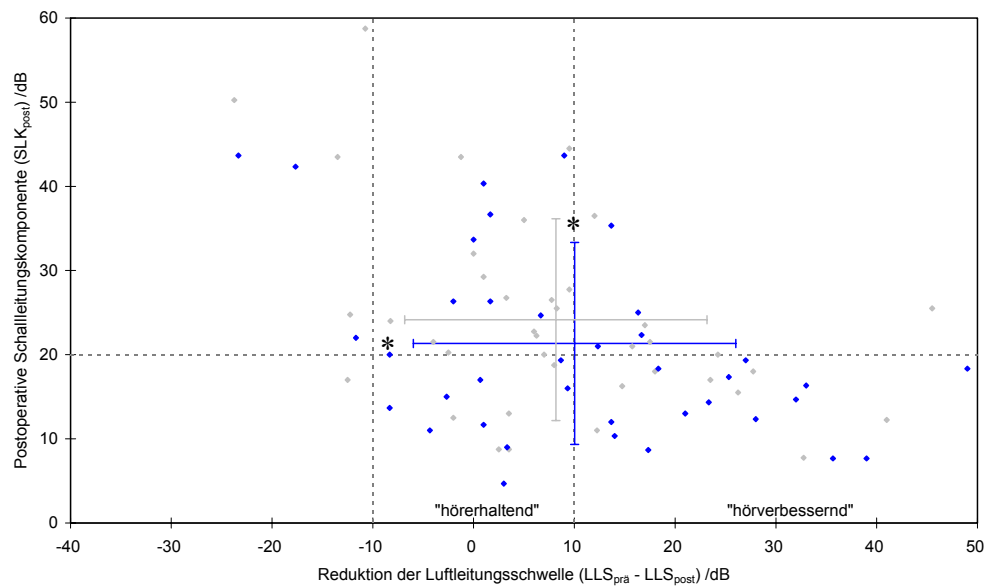
Im TORP Kollektiv (Abb. 3-16 a) hatten 7 (3-FQ-PTA) bzw. 3 (4-FQ-PTA) der 24 Patienten (29 % bzw. 11 %) eine postoperative SLK kleiner 20 dB. Da all diese Fälle auch eine Besserung der $LLS \geq 10$ dB hatten, lag der MAP-2 Index ebenfalls bei 29 % bzw. 11 %.

In der PORP Untergruppe (Abb. 3-16 b) konnte in 24 bzw. in 17 der 39 Fälle (62 % bzw. 44 %) eine $SLK_{\text{post}} \leq 20$ dB erreicht werden, so dass der MAP-2 Index als Schnittmenge bei gleichzeitiger Besserung der $LLS \geq 10$ dB 36 % bzw. 23 % aller Operationen erfasst.

Der Gebrauch der 3-FQ-Methode lieferte im Gesamtkollektiv und in den Untergruppen statistisch signifikant günstigere Werte als die 4-FQ-PTA ($p < 0,05$).

Der Vergleich von TORP und PORP Gruppe lieferte sowohl im 3-FQ-PTA (Abb. 3-17 a) als auch im 4-FQ-PTA (Abb. 3-17 b) tendenziell günstigere Werte für die PORP Untergruppe, deren Mittelwerte sich aber mit $p > 0,05$ statistisch nicht signifikant von denen der TORP Untergruppe unterschieden. Dagegen wurde in der Auswertung der Erfolgsbeurteilung im χ^2 -Test für Vierfeldertafeln das Signifikanzniveau von $p < 0,05$ mit signifikant höheren Erfolgsraten in der PORP Untergruppe erreicht.

A: PORP



B: TORP

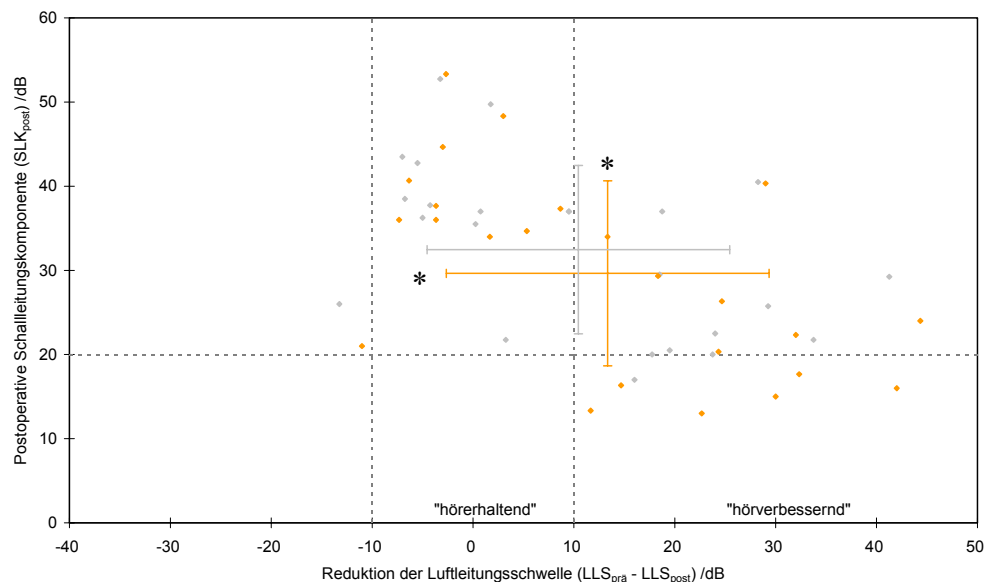
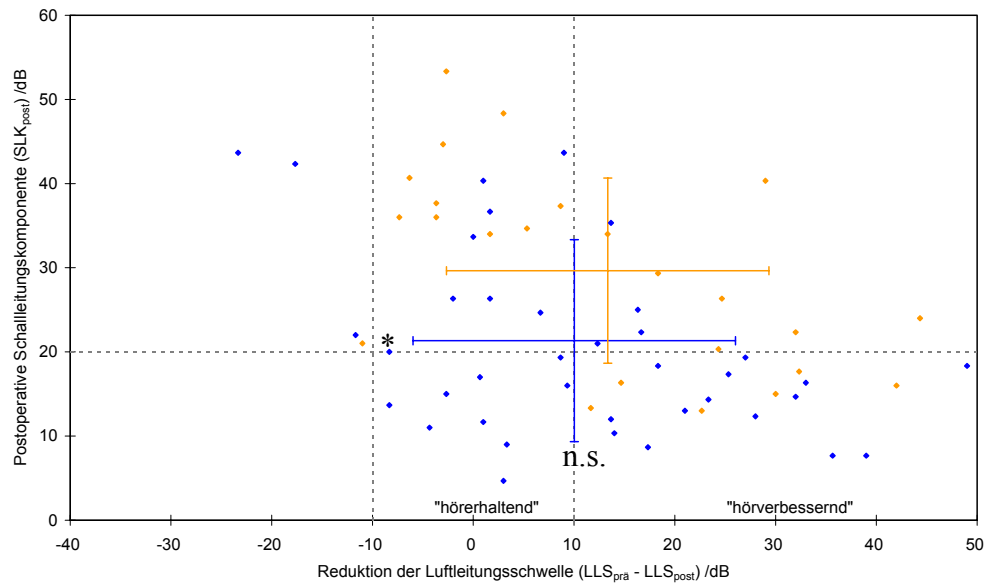


Abb. 3-16 Munich Audio Plot 2 – Untergruppen Eine „hörverbessernde“ Operation ($\Delta LLS \geq 10$ dB) mit geringer postoperativer SLK ($SLK_{post} \leq 20$ dB) liegt bei Berechnung als 3-FQ-PTA (PORP: blaue, TORP: gelbe Punkte) sowohl in der PORP- mit 14 von 39 (36 %) als auch in der TORP-Gruppe mit 7 von 24 (29 %) signifikant häufiger vor als bei Gebrauch der 4-FQ-PTA Methode (graue Punkte) mit 9 von 39 PORPs (23 %) und 3 von 24 TORPs (11 %). (Plotdarstellung der Untergruppen PORP [A] und TORP [B] mit Mittelwert und Standardabweichungskreuz; *: $p < 0,05$ vs. 4-FQ-PTA)

A: 3-FQ-PTA



B: 4-FQ-PTA

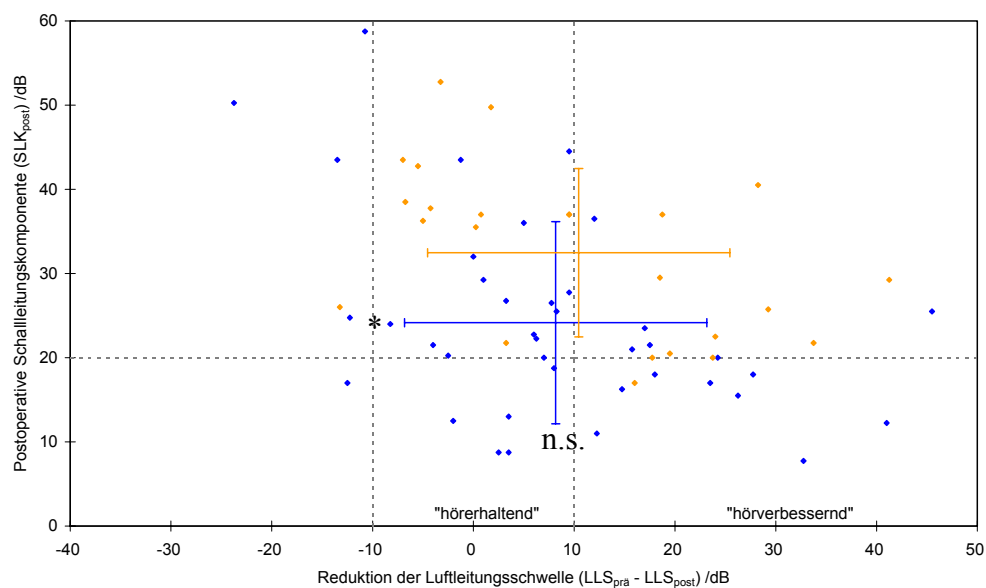


Abb. 3-17 Munich Audio Plot 2 – TORP vs. PORP Der Vergleich von PORP (blaue Punkte) und TORP Untergruppe (gelbe Punkte) im MAP-1 zeigt weder als 3-FQ-PTA noch als 4-FQ-PTA einen statistisch signifikanten Unterschied in der Verteilung der LLS Reduktion. Bei signifikantem Unterschied in der SLK_{post} wird jedoch die Forderung einer „hörverbessernden“ Operation ($\Delta LLS \geq 10$ dB) mit geringer postoperativer SLK ($SLK_{post} \leq 20$ dB) in der PORP Gruppe signifikant häufiger erfüllt. 3-FQ-PTA: 29 % vs. 36 %, 4-FQ-PTA: 11 % vs. 23 %. (Plotdarstellung der 3-FQ-PTA [A] und 4-FQ-PTA [B] mit Mittelwert und Standardabweichungskreuz; n.s.: kein statistisch signifikanter Unterschied; *: $p < 0,05$ vs. TORP)

3.1.4 Gegenüberstellung der Ergebnisse

3-FQ-PTA	Gesamt (n=73)	TORP (n=24)	PORP (n=39)
SLK _{post} ≤ 20 dB	49 %	29 %	62 % #
AHEP I	97 %	100 %	97 %
AHEP II	53 %	33 %	62 % #
MAP-1 Index	51 %	54 %	44 % #
MAP-2 Index	34 %	29 %	36 % #

4-FQ-PTA	Gesamt (n=73)	TORP (n=24)	PORP (n=39)
SLK _{post} ≤ 20 dB	34 %	13 %	44 % #
AHEP I	99 %	100 %	97 %
AHEP II	43 %	17 %	51 % #
MAP-1 Index	42 %	46 %	33 % #
MAP-2 Index	23 %	11 %	23 % #

Tab. 3-4 Gegenüberstellung der Ergebnisse der Erfolgsbeurteilung (#: $p < 0,05$ vs. TORP)

Die Beurteilung des Operationserfolgs anhand der postoperativen SLK, des AHEP II und des MAP-2 Index liefert signifikant höhere Erfolgsraten für die PORP Gruppe, während der MAP-1 Index ein signifikant besseres Ergebnis für die TORP Gruppe liefert. Die Berechnungen als 3-FQ-PTA liefern ebenfalls signifikant höhere Erfolgsraten.

3.2 Klinische Resultate

In der Nachsorge konnte in keinem Fall eine akute oder chronische Transplantatabstoßung im Sinne einer Extrusion der Prothese durch das Trommelfell beobachtet werden.

Bei der Patientin M. V., * 12.05.1990, bestand 6 Monate nach Entfernung eines kindlichen Cholesteatoms nach zunächst erfolgsversprechenden Kontrollen eine pantonale SLK von 50 dB. Die Revision zeigte, dass der initial auf das Stapesköpfchen eingestellte PORP nach vorne vom Stapes abgekippt war.

Bei der Patientin A. W., * 22.05.1928, bestand 6 Monate nach Tympanoplastik Typ III mit einem PORP bei einem Adhaesivprozeß erneut eine große epithelisierte Retraktion im vorderen oberen Quadranten mit mittelgroßer Perforation und einer SLK von 59 dB. In der Revision

wurde der Defekt erneut mit Knorpelperichondrium unterfüttert. Bei klinisch unauffälligem Ohr betrug die SLK weitere sechs Monate später nur noch 37 dB.

Bei dem Patienten B.W., * 17.01.1987, bestand 5 Monate nach Cholesteatomentfernung und TORP Rekonstruktion zum Zeitpunkt des geplanten second looks erneut eine epitympanale Perforation mit fötider Otorrhoe und einer SLK von 50 dB. Der Verdacht auf ein Rezidiv bestätigte sich intraoperativ. Die Cholesteatomperlen hatten den TORP von der Steigbügel-fußplatte disloziert. Nach vollständiger Entfernung der Cholesteatommatrix, wurde der Kettenwiederaufbau erneut mit einem TORP durchgeführt, was weitere sechs Monate später bei klinisch unauffälligem Ohr zu einer auf 37 dB reduzierten SLK führte.

Bei weiteren fünf Patienten fanden sich sechs Monate postoperativ kleine bis mittelgroße Restperforationen, die zu einer persistierenden SLK zwischen 30 dB und 50 dB geführt hatten. Diese wurden in vier Fällen mit Perichondrium im Rahmen einer Tympanoplastik Typ I unterfüttert. In einem Fall genügten das Anfrischen des Perforationsrandes und die Einlage von Silikonfolien, um einen Verschluss der Perforation zu erzielen.

4 Diskussion

4.1 Studiendesign

Hauptproblem der retrospektiven Auswertung einer Verlaufsbeobachtung ist immer die schwindende Zahl der Studienteilnehmer korrelierend zum Nachbeobachtungszeitraum. Dieser Effekt war im vorliegenden Kollektiv sehr ausgeprägt, so dass die Zahl evaluierbarer Patienten bereits drei Monate postoperativ auf 30 % und 6 Monate postoperativ auf 25 % gesunken war, was vor allem dadurch bedingt ist, dass bei einem großen Einzugsbereich der Klinik die meisten Patienten mit klinisch und funktionell guter Tendenz bereits wenige Wochen nach der Detamponade die heimatnahe Nachkontrolle durch den niedergelassenen HNO-Facharzt vorziehen.

Dennoch wurden zur Auswertung nur Verläufe mit einem Beobachtungszeitraum von mindestens sechs Monaten herangezogen, um von einem stabilen postoperativen Hörvermögen [Müller 1999] ausgehen zu können. Dabei ist die Gefahr eines Selektionsprozesses nicht komplett auszuschließen, da es wahrscheinlich erscheint, dass Patienten mit fortbestehenden bzw. rezidivierenden Beschwerden in dem ausgewerteten Kollektiv überrepräsentiert sind.

Es muss also davon ausgegangen werden, dass die hier vorgestellten Ergebnisse tendenziell eher den ungünstigen Verlauf widerspiegeln und dass bei entsprechender Studienplanung verheißungsvollere Resultate zu erwarten wären.

4.2 Methodik

Die aktuelle Empfehlung der AAO-HNS von 1995 fordert die Bildung eines 4-Frequenz-PTAs aus den Frequenzen 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz und 3 kHz zur Evaluation von gehörverbessernden Operationen. In der vorliegenden Arbeit wurde der 4-FQ-PTA anstatt mit der 3 kHz mit der 4 kHz Frequenz gebildet und mit einem 3-FQ-PTA ohne diese Frequenz verglichen. Nachdem die Hörverbesserung der leichten Titanprothesen vor allem im oberen Frequenzbereich geschieht [Meister et al. 2000], erscheint es sinnvoll, gerade diesen Frequenzbereich auch bei den schwereren Hydroxylapatitprothesen zu analysieren. Zudem wird die 3000 Hz Frequenz im Gegensatz zur 4000 Hz Frequenz nicht standardmäßig bei jedem Tonschwellenaudiogramm mitgeprüft, so dass bei Forderung eines Vergleichsparameters die Wahl der 4

kHz Frequenz ebenfalls plausibel wird, auch wenn damit tendenziell sicher etwas schlechtere Ergebnisse als mit der 3000 Hz Frequenz zu erwarten sind.

Auch wenn wie in der vorliegenden Arbeit die postoperative klinische Situation durch Patientenbefragung, Ohrmikroskopie und Reintonaudiogramm hinreichend beschrieben wurde, sollte in Zukunft der Forderung Hüttenbrinks [2005] nach einem postoperativen Tympanogramm Rechenschaft getragen werden, um die schwingungsfähige Trommelfell-Kettenrekonstruktion sowie das lufthaltige Mittelohr zu dokumentieren.

4.2.1 Amsterdam Hearing Evaluation Plots

Die Darstellung als Plot macht es möglich, sowohl Einzelergebnisse als auch Gruppentendenzen deutlich zu machen. Auf diese Weise werden auch die vom Committee on Hearing and Equilibrium der American AAO-HNS [1995] veröffentlichten Richtlinien für die Evaluation von Behandlungsergebnissen der Schallleitungsschwerhörigkeit umgesetzt, die u.a. explizit die Publikation von Rohdaten fordern.

Der AHEP I erfüllt mit dem Vergleich von prä- und postoperativer KLS eine leicht zu durchschauende Aufgabe, die in einem Kollektiv anschaulich die Änderung der KLS prüfen kann. Die Kombination mit dem AHEP II soll den Erstbeschreibern zufolge Aussagen über den Grad des Erfolges bezüglich der Wiederherstellung des Schallleitungsapparates erlauben. Dafür fordern sie jedoch selbst, dass zuvor im AHEP I gezeigt werden müsse, dass die KLS annähernd unverändert bleibt. Die Plotauftragung von präoperativer SLK gegenüber der Reduktion der LLS soll im Zielbereich parallel zur winkelhalbierenden Geraden den Grad des Schlusses der SLK angeben können (vgl. Abb. 2-9). Dies entspräche damit der postoperativen SLK. Diese kann allerdings nur aus der präoperativen SLK über die Änderung der LLS berechnet werden, wenn dabei die KLS unverändert bleibt. Kritisch betrachtet, bewertet der AHEP II somit den funktionellen Erfolg einer Operation anhand eines Parameters, der nicht in der audiologischen Testung existiert. Auch wenn von den Autoren gefordert wird, dass die KLS annähernd unverändert bleiben soll, heißt dies konkret, dass jede Änderung der KLS im AHEP I direkt die Erfolgsrate im AHEP II beeinflusst. Liegt beispielsweise vornehmlich eine Besserung der KLS vor, führt dies zu einer höheren Erfolgsrate im AHEP II und umgekehrt bei Verschlechterung der KLS. Dieser Zusammenhang ist jedoch irreführend, da real eine Verbesserung der KLS bei gleich bleibender LLS nämlich genau entgegengesetzt zur Darstellung des AHEP II zu einer Vergrößerung der SLK führt und bei Beurteilung des Erfolges bezüglich der Wiederherstellung des Schallleitungsapparates eigentlich zu einem Misserfolg führen müsste. Der erfolgsbeurteilende Parameter im AHEP II wäre also nur bei identischer

prä- und postoperativer KLS als postoperative SLK auswertbar. Dies ist klinisch nicht zu verwirklichen, so dass im AHEP II auch nicht abzulesen ist, ob ein erfolgreiches Abschneiden jetzt durch eine geringe postoperative SLK oder eine verbesserte KLS erreicht wurde. Umgekehrt lässt sich bei einem Misserfolg nicht sagen, in welchem Maße eine Vergrößerung der SLK bzw. eine Verschlechterung der KLS stattgefunden hat.

Durch die getrennte Auswertung der audiologischen Parameter in zwei Diagrammen, dem AHEP I und II werden die Operateure leider in genau demselben Unwissen wie der Patient gelassen, der bei einer Verschlechterung der Hörschwelle auch nicht in der Lage ist, zu entscheiden, ob ihm ein Hörgerät oder eine Tympanoplastik helfen kann.

4.2.2 Munich Audio Plots

Auch für den MAP-1 und den MAP-2 gelten die im vorherigen Absatz erläuterten Vorteile des Plotdiagramms. Im Gegensatz zu den AHEPs können aber MAP-1 bzw. MAP-2 unabhängig voneinander zur Auswertung des funktionellen Ergebnisses genutzt werden. Die gewählten Parameter im MAP-1 machen es möglich, gleichzeitig die Änderungen von LLS, KLS und SLK in nur einem Diagramm zu überblicken. Der MAP-1 kann damit zunächst wie auch der AHEP II Auskunft über eine Hörverbesserung, -erhaltung bzw. -verschlechterung geben und dieser dann im Gegensatz zum AHEP II durch Betrachtung der Änderung von SLK und KLS auch zwischen einer Innenohr- und Mittelohrsymptomatik differenzieren.

Nachdem im MAP-1 die Veränderungen der audiologischen Parameter beurteilt werden können, setzt der MAP-2 Aussagen über Hörerhaltung bzw. Hörverbesserung in Relation zur postoperativen SLK und kombiniert so relative und absolute Werte. Die Veränderung der LLS wurde sowohl im MAP-1 als auch im MAP-2 aufgenommen, um jeweils widerzuspiegeln, ob der Patient eine Hörverbesserung erfahren hat oder nicht. Der Operateur hingegen beurteilt den Operationserfolg gerne an der verbleibenden SLK, um damit Rückschlüsse auf die Qualität seiner Rekonstruktion des Schalleitungsapparates ziehen zu können. Nachdem der MAP-1 in der SLK Veränderung quasi den Arbeitsnachweis des Ohrchirurgen geliefert hat und diesen im MAP-1 Index als Anteil der Patienten mit spürbarer Hörverbesserung ohne Innenohrschaden quantifiziert, prüft die Kombination mit der absoluten postoperativen SLK im MAP-2, wie weit diese Rekonstruktion noch vom Optimum entfernt ist bzw. quantitativ im MAP-2 Index, wie häufig dieses Ziel der Hörverbesserung mit geringer postoperativer SLK erreicht wurde.

Damit eignet sich der MAP-1 zur präzisen Analyse von jeglichen Hörschwellenveränderungen eines Kollektivs und empfiehlt sich zur universellen Anwendung, während der MAP-2

durch die Berücksichtigung der postoperativen SLK gerade bei Evaluationen von Mittelohroperationen zum Einsatz kommen sollte.

4.3 Interpretation der audiologischen Ergebnisse

4.3.1 Postoperative vs. präoperative Hörschwelle

Intentionsgemäß besserte sich durch die Tympanoplastik mit der Bojrab Prothese vor allem die LLS durch reduzierte SLK. Die Analyse der gebesserten Frequenzen ergab primär eine signifikante Besserung der LLS und der SLK im Bereich von 500 Hz bis 2000 Hz, während die Hörschwellen bei 4000 Hz nahezu unverändert blieben. In Einklang mit den biomechanischen Untersuchungen von Meister und Hüttenbrink [Meister et al. 2000, Hüttenbrink et al. 2000] machen wir dafür primär die relativ hohe Masse der verwendeten Bojrab-Hydroxylapatit Prothese (40 mg) verantwortlich, welche nach Hüttenbrinks Untersuchungen vor allem zu einer Schalldruckverstärkung im unteren Frequenzbereich führt und in darüberliegenden Frequenzen eher dämpfend wirkt. Ferner könnte auch die Dicke der Trommelfellrekonstruktion mit Tragus- bzw. Conchaperichondrium bei der verminderten Schallübertragung im hohen Frequenzbereich eine Rolle spielen [Mürbe et al. 2002].

Neben diesen erwarteten Verbesserungen kam es im Gesamtkollektiv auch zu einer geringen, aber dennoch signifikanten Besserung der KLS bei 1 kHz, 2 kHz und 4 kHz. Dieses Phänomen ist bei Stapesplastiken im Rahmen von Otosklerose Operationen hinlänglich bekannt [Shea 1958, 1960] und wurde von Linstrom et al. [2001] auch bei Patienten mit Otitis media chronica gefunden. Es wird auf ein Wiederherstellen des osteotympanalen Anteils des Knochenschalls, der das Innenohr im Gegensatz zum direkten Knochenschall über den knöchernen äußeren Gehörgang und das Mittelohr erreicht, zurückgeführt [Lehnhardt 1987]. Die Besserung der KLS erklärt auch, warum die Beträge der Besserung der LLS noch über denen der der SLK Besserung liegen.

4.3.2 3-FQ-PTA vs. 4-FQ-PTA

Der Vergleich der Bestimmung des mittleren Hörverlusts über drei bzw. vier Frequenzen zeigt, dass der 3-FQ-PTA im Gesamtkollektiv sowohl prä- als auch postoperativ für KLS und LLS niedrigere Hörschwellen liefert. Die Reduktion von SLK und LLS ist im 3-FQ-PTA ebenfalls signifikant besser und bestätigt damit die Untersuchungen von Goldenberg et al.

[1995] und de Bruijn et al. [2001 a], die für den Einbezug der 3000 Hz oder 4000 Hz Frequenz einen signifikanten Einfluß auf die Erfolgsrate in der Stapes-Chirurgie zeigen konnten. Nachdem zuvor gezeigt werden konnte, dass die signifikante Hörschwellenbesserung nicht homogen in allen Frequenzbereichen auftritt, sondern bei der LLS- und SLK-Besserung im Bereich von 0,5 kHz bis 2 kHz liegt, erstaunt es nicht, dass die 3-FQ-PTA dieses Bereichs auch signifikant bessere Ergebnisse liefert als der 4-FQ-PTA, der die nahezu unveränderten Werte der 4 kHz Frequenz mit einschließt.

Auch wenn sich zur Evaluation der massereichen Bojrab-Prothese der 3-FQ-PTA besser eignet, sollte die generelle Verwendung der 4-FQ-PTA geprüft werden, um beispielsweise den Einfluss unterschiedlich schwerer Prothesen auf einen größeren Frequenzbereich zu untersuchen.

4.3.3 TORP vs. PORP

Der Vergleich der Ergebnisse dieser beiden Untergruppen bezieht sich letztlich auf die Rekonstruktion der Gehörknöchelchenkette bei unterschiedlich großen Defekten, die entweder zum kompletten Kettenersatz mit einem TORP bzw. zu einer Stapeserhöhung mit einem PORP zwangen. Die alleinige Betrachtung der postoperativen SLK bzw. LLS mit signifikant besserem Ergebnis für die PORP Rekonstruktionen vernachlässigt dabei, dass auch bereits präoperativ Patienten mit Befunden, die zu einer PORP Rekonstruktion führten, eine signifikant bessere LLS bzw. SLK hatten. Der Unterschied von PORP und TORP Kollektiv betrug präoperativ in den untersuchten Frequenzen für die SLK zwischen 10 dB und 15 dB und verbesserte sich postoperativ auf einen verbleibenden Unterscheid von 7 dB bis 9 dB. Somit erhält man bei alleiniger Betrachtung des postoperativen Ergebnisses weiterhin signifikant bessere Werte für die PORP Gruppe. Dagegen führt die Betrachtung von SLK- bzw. LLS-Reduktion zu tendenziell besseren, wenn auch nicht signifikanten Ergebnissen für die TORP Gruppe. Dies zeigt, wie irreführend die alleinige Analyse der postoperativen SLK sein kann, die eben nicht von der Operationsmethode, sondern vornehmlich wie auch Blakley et al. [1998] zeigen konnten, vom präoperativen Befund anhängig ist. Für weitere Studien könnte man daher fordern, unbedingt auch die präoperativen audiologischen Charakteristika des untersuchten Kollektivs zu veröffentlichen, um die Wertigkeit der postoperativen audiologischen Evaluation einschätzen zu können. Solange diese Forderung nicht generell erfüllt wird, erscheint es sinnvoll für den Vergleich von verschiedenen Kollektiven, primär die Reduktion von SLK und LLS zu untersuchen. Dabei konnten wir zeigen, dass diese zwar auch in gewissem Maße mit der präoperativ bestehenden Pathologie korreliert, dabei aber im Vergleich der Kollektive

keine Signifikanz erreicht, so dass wir die Reduktion von SLK und LLS im Gegensatz zur alleinigen Analyse der postoperativen Werte als kollektivunabhängigen Vergleichsparameter empfehlen.

4.3.4 Otitis media chronica mesotympanalis vs. epitympanalis

Im ausgewerteten Kollektiv (n=73) lag in 49 Fällen (67,1 %) eine Otitis media chronica epitympanalis und in nur 6 Fällen (8,2 %) eine Otitis media chronica mesotympanalis vor. Die geplante statistische Auswertung der funktionellen Resultate in Abhängigkeit der Operationsindikation wurde auf Empfehlung des hiesigen Institutes für Biometrie und Epidemiologie (IBE) aufgrund der geringen Fallzahl in der OMC mesotympanalis Gruppe nicht durchgeführt. Prinzipiell wäre dieser Vergleich aber sehr interessant, da sich diese beiden Gruppen nicht nur in der Indikation, sondern auch im Operationsregime unterscheiden. Während beim Cholestatom der OMC epitympanalis primär das Sanieren des Krankheitsherd im Vordergrund steht und lediglich eine Hörerhaltung angestrebt wird, kann bei einer reizlosen OMC mesotympanalis primär die Hörverbesserung in den Vordergrund rücken. Die o.g. Zahlen zeigen, dass unsere Untersuchung im Gegensatz zu anderen Studien zur Tympanoplastik-Evaluation [Colletti et al. 1999, Dalchow et al. 2001, Mishiro et al. 2001, Krueger et al. 2002] vor allem Cholesteatom Ohren ausgewertet. Umso erfreulicher ist es, dass es bei diesen 49 Fällen mit geplanter Hörerhaltung dennoch in 24 Fällen (49 %) zu einer signifikanten Hörverbesserung und in weiteren 21 Fällen (43 %) zu einer Hörerhaltung gekommen ist.

4.4 Interpretation der Erfolgsbeurteilung

Bei Gegenüberstellung der Ergebnisse der Erfolgsbeurteilung fällt auf, dass die Ergebnisse für die PORP und TORP Untergruppe zum Teil gegensinnig sind, während sich die Ergebnisse der 3-FQ-PTA und der 4-FQ-PTA Methode nur vom Betrag, nicht aber von der Aussage unterscheiden. Die PORP Untergruppe liefert in der Beurteilung der postoperativen SLK (Fletcher Index), im AHEP II sowie im MAP-2 signifikant günstigere Ergebnisse als die PORP Gruppe, welche dagegen im MAP-1 tendenziell bessere Resultate liefert. Wie in der Diskussion der methodischen Grundlagen der einzelnen erfolgsbeurteilenden Plot-Darstellungen aufgeführt, ist es nicht verwunderlich, dass sich diese Ergebnisse der Erfolgsbeurteilung scheinbar widersprechen. Nachdem der Fletcher Index, der AHEP II und der MAP-2 vor allem die absolute SLK berücksichtigen, sind diese kollektivabhängig, indem sie vor allem die

schon präoperativ bestehenden Unterschiede der untersuchten Kollektive widerspiegeln [Blakley et al. 1998]. Dieser Zusammenhang wird im AHEP II besonders deutlich, der bei Kombination von signifikantem präoperativen SLK-Unterschied und nicht signifikantem Unterschied der LLS-Verbesserung insgesamt wieder auf einen signifikanten Unterschied in der Erfolgsbeurteilung kommt. Dagegen konnte im MAP-1 gezeigt werden, dass die Rekonstruktion der Gehörknöchelchenkette mit der Bojrab-Prothese eine Reduktion der SLK um 9 dB (3-FQ-PTA) unabhängig von Kollektiveigenschaften, zugrunde liegendem pathologischem Prozess und Operationsmethode bewirkt.

4.5 Interpretation der klinischen Ergebnisse

Nachdem bereits *in vitro* und *in vivo* Untersuchungen [van Blitterswijk et al. 1986, Grote 1986, 1987], sowie diverse klinische Studien [Wehrs 1994, Black 2002, Goldenberg 1990] und Langzeitbeobachtungen [Grote 1990, Shinohara et al. 2002] von guten Einheilungsergebnissen des Hydroxylapatit berichtet hatten, konnte auch in unserem Patientengut keine Unverträglichkeitsreaktion im Sinne einer Extrusion beobachtet werden. Diese Beobachtung zeigt, dass auch der 50 % Silikonzusatz im Prothesenschaft der Bojrab-Prothese nicht die bioaktiven [Yokoya 1991, Grote 1986, 1987] Materialeigenschaften des menschlicher Knochenmatrix gleichenden Hydroxylapatits schmälern. Ähnliche Schlüsse konnten Meijer et al. [2002] bei Hydroxylapatit-Polyäthylen Prothesen ziehen.

4.6 Vergleichende Untersuchungen

Wie oben gezeigt, kann der alleinige Vergleich der kollektivabhängigen postoperativen SLK nicht zur Evaluation der Kettenrekonstruktion benutzt werden, solange sich die betrachteten Kollektive deutlich unterscheiden. Damit wird die Metaanalyse der publizierten Ergebnisse bei unterschiedlichen Patientenkollektiven, Auswertungszeitpunkten und Erfolgskriterien nahezu unmöglich. Rohdaten, wie bereits 1995 von der amerikanischen Gesellschaft für HNO [CHE der AAO-HNS, 1995] gefordert, werden bisher nicht veröffentlicht. Nachdem sich erste Empfehlungen zur übersichtlichen Darstellung der Rohdaten in Plot-Diagrammen [Browning et al. 1991, Govaerts et al. 1998, de Bruijn et al. 2001] bisher nicht in der Praxis durchsetzen konnten, konnte in der vorliegenden Arbeit mit den Munich Audio Plots eine sinnvolle me-

thodische Ergänzung zur audiologischen Evaluation von gehörverbessernden Operationen vorgestellt werden.

Das hier ausgewertete Kollektiv hatte bedingt durch den hohen Anteil an Cholesteatom-Ohren mit ausgedehntem Defekt der Gehörknöchelchenkette im Sinne eines Austin group C bzw. D Status, der relativ großen präoperativ bestehenden SLK und der anzunehmenden negativen Selektion im Nachbeobachtungszeitraum tendenziell eher schlechte Ausgangsbedingungen [Black 1992, Kartush 1994, Gardner 2001]. Umso bemerkenswerter erscheint es dabei, dass die Reduktion der SLK von 9 ± 14 dB in unserem Kollektiv im Bereich der Ergebnisse von Titanprothesen bei reizloser chronischer Otitis media ohne Cholesteatom liegt. Martin und Harner [2004] publizierten mit *Kurz* Titan Prothesen bei 68 Patienten eine Besserung der SLK von durchschnittlich 13 dB. Gardner et al. [2004] fanden bei 28 Operationen mit dem *Bell* Titan PORP eine Besserung der SLK von $7,2 \pm 17,3$ dB und bei 74 Fällen mit dem *Arial* Titan TORP von $15,1 \pm 15,4$ dB. Die Ergebnisse unseres Kollektivs lagen fast identisch für PORPs bei 7 ± 13 dB und bei TORPs bei 12 ± 15 dB.

Während sich die Ergebnisse für den Hauptsprachbereich also nur geringfügig unterscheiden, ist im hochfrequenten Bereich ab 4000 Hz ein deutlicher Unterschied zu finden. Wie schon von mehreren Autoren publiziert [Meister et al. 2000, Hüttenbrink et al. 2000, Zenner et al. 2001, Krueger et al. 2002] besteht in diesem Bereich ein deutlicher Vorteil zugunsten von leichten Prothesen. Während sich in der vorliegenden Untersuchung mit der Bojrab-Prothese die SLK mit -1 dB bei 4000 Hz nicht statistisch signifikant änderte, konnten Neff et al. [2003] mit *Spiggle & Theis* Titan TORPs bei 18 Patienten von einer Besserung bei dieser Frequenz von 17,0 dB berichten.

Die von uns beobachtete signifikante Besserung der KLS von 3 ± 7 dB konnte dagegen bisher noch nicht bei Titan-Prothesen beobachtet werden und könnte ein spezifischer Vorteil der massereichen und Knochenmatrix ähnelnden Hydroxylapatit-Prothesen sein.

Ein valider Vergleich des audiologischen Ergebnisses der Titan- und Hydroxylapatit-Prothesen kann allerdings nur in einer prospektiven Untersuchung geführt werden, in der explizit darauf geachtet wird, dass keine audiologischen und klinischen Differenzen im präoperativen Kollektiv bestehen. Für diese Analyse würde sich eine Evaluation mit Hilfe der Munich Audio Plots anbieten.

Bei Vergleich des klinischen Ergebnisses wurde dagegen schon früh deutlich, dass sich das scharfkantige Prothesendesign einiger Titan-Prothesen deutlich negativ auf die Einheilung auswirken kann. Nachdem bereits andere Autoren von Implantatabstoßungen der Titan-Prothese *Typ Düsseldorf* berichtet hatten [Begall, Zimmermann 2000], wurde die Verwendung

der Prothese in einer anderen Studie sogar aufgrund der schlechten klinischen Zwischenergebnisse eingestellt [Geyer, Rocker 2002]. Nachdem in dieser Untersuchung bereits zwei Abstoßungen im Sinne einer Extrusion eingetreten waren und sich in zwölf Fällen der scharfkantige Endplattenring der *Typ Düsseldorf* in der knorpelverstärkten Paukenabdeckung zeigte, wurden für weitere Operationen nur noch Prothesen mit abgerundeten Endplattenrändern benutzt.

Der hier aufgezeigte Materialvergleich bestärkt damit die Mahnung Hüttenbrinks [2000], „dass es aus klinischer Sicht manchmal sinnvoller sein kann, unter Inkaufnahme von einigen dB Hörverlust eine akustisch vielleicht nicht perfekte, aber dafür sichere, stabile Prothese bzw. Technik zu verwenden, anstatt eine im Forschungslabor hochgezüchtete, frequenzoptimierte Prothese einzusetzen, die jedoch im klinischen Alltag nicht verlässlich genug arbeitet“.

5 Zusammenfassung

Kann die Gehörknöchelchenkette nicht zufriedenstellend mit körpereigenem Material rekonstruiert werden, stehen dem Ohrchirurgen aktuell verschiedene alloplastische Interpositionsmaterialien wie Metall-, Kunststoff- oder Keramikprothesen zur Verfügung. Die hier untersuchte Bojrab-Prothese besteht zum Großteil aus der Keramik Hydroxylapatit. Die Beimischung von Silikon im Prothesenschaft erlaubt die einfache intraoperative Kürzung mit dem Skalpell und ermöglicht die Anpassung als TORP und als PORP.

Nachdem in der Vergangenheit Metaanalysen von gehörverbessernden Operationen durch unterschiedliche Patientenkollektive und kollektivabhängige Erfolgskriterien erschwert waren, konnte in der vorliegenden Arbeit mit den Munich Audio Plots (MAP) eine kollektivunabhängige Methodik zur audiologischen Evaluation von gehörverbessernden Operationen vorgestellt werden. Der MAP-1 kann durch die umfassende Aussagekraft bezüglich Luft-, Knochen- und Schalleitungsänderung bei jeglichen Fragen zu Hörveränderungen eines Kollektivs genutzt werden, während sich der MAP-2 durch die Berücksichtigung der postoperativen Schalleitungskomponente (SLK) vor allem zur Evaluation von Mittelohroperationen empfiehlt.

Mit Hilfe des MAP-1 und des MAP-2 konnte gezeigt werden, dass Patienten, deren Gehörknöchelchenkette mit der Bojrab-Prothese im Sinne einer Tympanoplastik Typ III wieder aufgebaut wurde, unabhängig von zugrunde liegender Pathologie, Kettendefekt und damit einhergehender Operationsmethode nach 6 Monaten eine im Mittel um 11 dB gebesserte Luftleitungsschwelle und eine um 9 dB reduzierte Schalleitungskomponente hatten. Ferner wurde erstmals in einem größeren Kollektiv bei Tympanoplastiken eine signifikante Besserung der Knochenleitungsschwelle beobachtet.

Schlussfolgernd konnte damit gezeigt werden, dass die hier erzielten guten audiologischen Ergebnisse im Hauptsprachbereich bis 3 kHz durchaus mit denen der gegenwärtig bevorzugt benutzten Titan-Prothesen vergleichbar sind. Wie die vorliegende Arbeit bestätigt, scheint der Vorteil der leichten Titan-Prothesen vor allem im Frequenzbereich ab 4000 Hz zu liegen, da es dort zu keiner nennenswerten Verstärkung des Schalldrucks durch die schwerere Bojrab-Prothese mehr kommt.

Dennoch müssen auch für die Titan-Prothesen Langzeituntersuchungen zeigen, ob deren Biokompatibilität und das jeweilige Prothesendesign stabile funktionelle Ergebnisse über viele Jahre gewährleisten können. Für die Bojrab-Prothese wurde im hier beschriebenen Kollektiv keine Extrusion im Sinne einer Abstoßungsreaktion beobachtet, und es ist davon auszugehen,

dass auch deren Langzeitergebnisse den sehr guten Erfahrungen anderer Autoren mit reinen Hydroxylapatit-Prothesen entsprechen.

Zusammenfassend hat sich die kombinierte Keramik-Kunststoff-Prothese nach Bojrab durch die einfache Anwendung als TORP oder PORP, die sehr gute Biokompatibilität und die guten audiologischen Resultate im klinischen Alltag bewährt, so dass sie zur Rekonstruktion der Gehörknöchelchenkette empfohlen werden kann.

II. Abkürzungsverzeichnis

3-FQ-PTA	drei-Frequenz-pure tone average
4-FQ-PTA	vier-Frequenz-pure tone average
AAO-HNS	American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery
Abb.	Abbildung
ABG	air-bone gap
AHEP	Amsterdam Hearing Evaluation Plot
CHE	Committee on Hearing and Equilibrium
dB	Dezibel
FI	Fletcher Index
H/A	Hydroxylapatit
Hz	Hertz
kHz	Kilohertz
KLS	Knochenleitungsschwelle
LLS	Luftleitungsschwelle
M.	Musculus
MAP	Munich Audio Plot
MW	Mittelwert
N.	Nervus
n.s.	nicht statistisch signifikant
PORP	partial ossicular replacement prosthesis
post	postoperativ
prä	präoperativ
SD	Standardabweichung
SLK	Schallleitungskomponente
Tab.	Tabelle
TORP	total ossicular replacement prosthesis
vs.	versus

III. Literaturverzeichnis

- American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery Foundation** (1995):
Committee on Hearing and Equilibrium guidelines for the evaluation of results of treatment of conductive hearing loss. *Otolaryngol. Head Neck Surg.* 113(3):186-7
- Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften** (1998):
Leitlinie zur Hörgeräteversorgung der Deutsche Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Halschirurgie,
http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/AWMF/II/hno_1164.htm, Zugriff: 19.03.2003
- Austin, D.F.** (1971):
Ossicular reconstruction. *Arch. Otolaryngol.* 94(6):525-35
- Battista, R.A.** (1993):
nicht veröffentlichte Daten, zitiert nach *Bojrab et al. 1994*
- Begall, K., Zimmermann, H.** (2000):
Rekonstruktion der Gehörknöchelchenkette mit Titan-Implantaten. *Larygo-Rhino-Otol.* 79(3):139-45
- Bellucci, R.J.** (1973):
Dual classification of tympanoplasty. *Laryngoscope* 83(11):1754-8
- Black, B.** (1992):
Ossiculoplasty prognosis: the spite method of assessment. *Am. J. Otol.* 13(6):544-51
- Black, B.** (2002):
Neomalleus ossiculoplasty. *Otol Neurotol.* 23(5):636-42
- Benninghoff, A.** (1994):
Anatomie: makroskopische Anatomie, Embryologie und Histologie des Menschen.
15. Auflage, Urban und Schwarzenberg, München
- Berger, F.** (1969):
Schalldrucktransformation mittels kombinierter Knochen-Polyaethylenprothese.
HNO 17:214
- Boenninghaus, H.-G., Lenarz, T.** (2001):
Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde. 11. Auflage, Springer-Verlag, Berlin
- Bojrab, D.I., Causse, J.B., Battista, R.A., Vincent, R., Gratacap, B., Vandeventer, G.** (1994):
Ossiculoplasty with composite prostheses. Overview and analysis.
Otolaryngol. Clin. North Am. 27(4):759-76
- Browning, G.G., Garehouse, S., Swan, I.R.C.** (1991):
The Glasgow Benefit Plot: a new method for reporting benefits from middle ear surgery. *Laryngoscope* 101:180-5

- Brühl, G.** (1905):
Ohrenheilkunde. Lehmann Verlag, München
- Colletti, V., Fiorino, F.G.** (1999):
Malleus-to-footplate prosthetic interposition: experience with 265 patients.
Otolaryngol. Head Neck Surg. 120(3):437-44
- Dalchow, C.V., Grün, D., Stupp, H.F.** (2001):
Reconstruction of the ossicular chain with titanium implants.
Otolaryngol. Head Neck Surg. 125(6):628-30
- de Bruijn, A.J., Tange, R.A., Dreschler, W.A.** (2001 a):
Efficacy of evaluation of audiometric results after stapes surgery in otosclerosis.
I. The effects of using different audiologic parameters and criteria on success rates.
Otolaryngol. Head Neck Surg. 124(1):76-83
- de Bruijn, A.J., Tange, R.A., Dreschler, W.A.** (2001 b):
Efficacy of evaluation of audiometric results after stapes surgery in otosclerosis.
II. A method for reporting results from individual cases.
Otolaryngol. Head Neck Surg. 124(1):84-9
- Dobay, E., Renovanz, H.-D.** (1980):
Das Funktionssystem Mittelohr-Ohrtrumpete. Dr. Karl Thomae-Verlag, Biberach an
der Riss
- Dornhoffer, J.L., Gardner, E.** (2001):
Prognostic factors in ossiculoplasty: a statistical staging system.
Otol Neurotol. 22(3):299-304
- Feldmann, H.Z.** (1973):
Physiologie und Pathophysiologie der Mittelohrventilation.
Z. Laryngol. Rhinol. Otol. 52(7):471-85
- Feneis, H.** (1998):
Anatomisches Bildwörterbuch der internationalen Nomenklatur. 8. Auflage,
Georg Thieme Verlag, Stuttgart
- Friedmann, I.** (1955):
The comparative pathology of otitis media: experimental and human. II.
histopathology of experimental otitis of guinea pig, with particular reference to ex-
perimental cholestatoma. J. Laryngol. Otol. 69:588-601
- Geyer, G.** (1999):
Materialien zur Rekonstruktion des Schalleitungsapparats. HNO 47(2):77-91
- Geyer, G., Rocker, J.** (2002):
Ergebnisse der Tympanoplastik Typ III mit autogenem Amboss sowie Ionomer-
zement- und Titanimplantaten. Laryngo-Rhino-Otol. 81(3):164-70
- Glaninger, J.** (1970):
Kunststoffe in der funktionellen Mittelohrchirurgie. Mschr. Ohrenheilk. 104:49-54

- Glasscock, M.E. 3rd, Jackson, C.G., Knox, G.W. (1988):**
Can acquired immunodeficiency syndrome and Creutzfeldt-Jakob disease be transmitted via otologic homografts?
Arch. Otolaryngol Head Neck Surg. 114(11):1252-5
- Goldenberg, R.A. (1990):**
Hydroxylapatite ossicular replacement prostheses: preliminary results.
Laryngoscope 100(7):693-700
- Goldenberg, R.A. (1992):**
Hydroxylapatite ossicular replacement prostheses: results in 157 consecutive cases.
Laryngoscope 102(10):1091-6
- Goldenberg, R.A. (1994):**
Ossiculoplasty with composite prostheses. PORP and TORP.
Otolaryngol. Clin. North Am. 27(4):727-45
- Goldenberg, R.A., Berliner, K.I. (1995):**
Reporting operative hearing results: does choice of outcome measure make a difference? Am. J. Otol. 16(2):128-35
- Goldenberg, R.A., Driver, M. (2000):**
Long-term results with hydroxylapatite middle ear implants.
Otolaryngol. Head Neck Surg. 122(5):635-42
- Goldenberg, R.A., Emmet, J.R. (2001):**
Current use of implants in middle ear surgery. Otol Neurotol. 22(2):145-52
- Golenhofen, K. (1997):**
Physiologie. Urban und Schwarzenberg, München
- Govaerts, P.J., Somers, T., Offeciers, F.E. (1998):**
Box and whisker plots for graphic presentation of audiometric results of conductive hearing loss treatment. Otolaryngol. Head Neck Surg. 118:892-5
- Grippaudo, M. (1958):**
Histopathological studies of the ossicles in chronic otitis media.
J. Laryngol. Otol. 177-189
- Grote, J.J., van Blitterswijk, C.A., Kuijpers, W. (1986):**
Hydroxyapatite ceramic as middle ear implant material: animal experimental results.
Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. Suppl. 123:1-5
- Grote, J.J. (1986):**
Reconstruction of the ossicular chain with hydroxyapatite implants.
Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. Suppl. 123:10-2
- Grote, J.J. (1987):**
Reconstruction of the ossicular chain with hydroxyapatite prostheses.
Am. J. Otol. 8(5):396-401

- Grote, J.J.** (1990):
Reconstruction of the middle ear with hydroxylapatite implants: long-term results.
Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. Suppl. 144:12-6
- Hall, A., Rytzner, C.** (1957):
Stapedectomy and autotransplantation of ossicles. Acta Otolaryngol. 47(4):318-24
- Harris, A.J.** (1963):
Cholesteatosis and chronic otitis media - Histopathology of osseous and soft tissues.
Laryngoscope 72:954-980
- Hormann, K., Donath, K.** (1987):
Is hydroxyapatite ceramic an adequate biomaterial in ossicular chain reconstruction?
Am. J. Otol. 8(5):402-5
- House, H.P., Wullstein, H., Shea, J.J. Jr., Derlacki, E.L., Schuknecht, H., Foller, E.P. Jr., Juers, A.L.** (1960):
Techniques of stapes mobilization. Arch. Otolaryngol. 71:338-53
- House, H.P.** (1960):
Polyethylene in middle ear surgery. Arch. Otolaryngol. 71:926-31
- Hüttenbrink, K.B.** (2000):
Zur Rekonstruktion des Schalleitungsapparates unter biomechanischen Gesichtspunkten. Laryngo-Rhino-Otol. 79 Suppl. 2:S23-51
- Hüttenbrink, K.B., Zahnert, T., Beutner, D., Hofmann, G.** (2004):
Der Knorpelschuh zur Stabilisierung einer Columella-Prothese auf der Fußplatte.
Laryngo-Rhino-Otol. 83(7):450-6
- Hüttenbrink, K.B.** (2005):
Bedeutung der Mikromechanik des Mittelohres für die Tympanoplastik. Vortrag anlässlich des 2. Münchner Mittelohrsymposium der Oto-Rhino-Laryngologische Gesellschaft zu München e.V., 16.02.2005, Leitung: Prof. Dr. med. A. Berghaus
- Jansen, C.** (1962):
Stapesersatz durch Knorpel. Acta Otolaryngol. 54:262-70
- Kartush, J.M.** (1994):
Ossicular chain reconstruction. Capitulum to malleus.
Otolaryngol. Clin. North Am. 27(4):689-715
- Keidel, W.D.** (1975):
Anatomische und Kommunikationstheoretische Grundlagen. In Keidel, W.D. (Hrsg.)
Physiologie des Gehörs, Georg Thieme Verlag, Stuttgart
- Kessel, J.** (1888):
Über die Behandlung der chronischen Mittelohreiterung. Arch. Ohrenheilk. 22:296

- Kley, W. (1955):**
Probleme der Tympanoplastik: Ungewöhnliche Resultate mit vereinfachtem Schalleitungsapparat; über die Zweckmäßigkeit einer künstlichen Columella. Z. Laryngol. Rhinol. Otol. 34(11):719-26
- Kley, W. (1976):**
Operative Behandlung der chronischen Otitis media und ihrer unmittelbaren Folgezustände. In Naumann, H.H. (Hrsg.) Kopf- und Hals-Chirurgie Band 3: Ohrregion. 171-258
- Klinke, R. (1996):**
Hören und Sprechen: Kommunikation des Menschen. in Klinke, R., Silbernagel, S. (Hrsg.) Lehrbuch der Physiologie, 2. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart
- Kobayashi, T., Gyo, K., Shinohara, T., Yanagihara, N. (2002):**
Ossicular reconstruction using hydroxyapatite prostheses with interposed cartilage. Am. J. Otolaryngol. 23(4):222-7
- Krueger, W.W., Feghali, J.G., Shelton, C., Green, J.D., Beatty, C.W., Wilson, D.F., Thedinger, B.S., Barrs, D.M., McElveen, J.T. (2002):**
Preliminary ossiculoplasty results using the kurz titanium prostheses. Otol. Neurotol. 23(6):836-9
- Lang, J., Kothe, W. (1987):**
Measurements of the tympanic cavity. Gengenbaurs Morphol. Jahrb. 133(3):469-505
- Lehnhardt, E. (1987):**
Praxis der Audiometrie. 6. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart
- Linstrom, C.J., Silverman, C.A., Rosen, A., Meiteles, L.Z. (2001):**
Bone conduction impairment in chronic ear disease. Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. 110 (5 Pt 1):437-41
- Lübbbers, W. (1973):**
Untersuchungen über Beziehungen bestimmter Funktionen von Nase, Lunge und Kreislauf. Inaugural-Dissertation aus der Hals-Nasen-Ohrenklinik der Universität Würzburg (damaliger Direktor: Prof. Dr. med. H.L. Wullstein)
- Masaki, M., Wright, C.G., Lee, D.H., Meyerhoff, W.L. (1989):**
Epidermal ingrowth through tympanic membrane following middle ear application of propylene glycol. Acta Otolaryngol. 108:169-174
- McKenzie, D. (1930):**
The pathology of cholesteatoma. Proc. R. Soc. Med. 24:332-362
- Meijer, A.G., Segenhout, H.M., Albers, F.W., van de Want, H.J. (2002):**
Histopathology of biocompatible hydroxylapatite-polyethylene composite in ossiculoplasty. ORL J. Otorhinolaryngol. Relat. Spec. 64(3):173-9

- Meister, H., Mickenhagen, A., Walger, M., Duck, M., von Wedel, H., Stennert, E.** (2000):
Standardisierte Messungen der Schallübertragung verschiedener Mittelohrprothesen.
HNO 48(3):204-8
- Mishiro, Y., Sakagami, M., Takahashi, Y., Kitahara, T., Kajikawa, H., Kubo, T.** (2001):
Tympanoplasty with and without mastoidectomy for non-cholesteatomatous chronic
otitis media. Eur. Arch. Otorhinolaryngol. 258(1):13-5
- Moritz, W.** (1950):
Hörverbessernde Operationen bei chronisch-entzündlichen Prozessen beider
Mittelohren. Z. Laryngol. Rhinol. Otol. 29(12):578-83
- Moritz, W.** (1952):
Plastische Eingriffe am Mittelohr zur Wiederherstellung der Innenohrschalleitung.
Z. Laryngol. Rhinol. Otol. 31(7-8):338-51
- Mürbe, D., Zahnert, T., Bornitz, M., Hüttenbrink, K.B.** (2002):
Acoustic properties of different cartilage reconstruction techniques of the tympanic
membrane. Laryngoscope 112 (10): 1769-76
- Nager, F.R.** (1925):
Cholesteatoma of the middle ear - its etiology, diagnosis and therapy.
Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. 34:1249-58
- Niemeyer, W.** (1980):
Verordnung und Anpassung von Hörapparaten. In Berendes, J., Link, R., Zöllner, F.
(Hrsg.) Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde in Praxis und Klinik. Band 6: Ohr 2. 2.Auflage,
Georg Thieme Verlag, Stuttgart
- Nissen, A.J., Bui, H.** (1996):
Complications of chronic otitis media. Ear Nose Throat J. 75(5):284-92
- Palva, T., Palva, A., Karja, J.** (1971):
Results with 2- or 3-legged wire columellization in chronic ear surgery.
Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. (5):760-5
- Platting, K.-H.** (1975):
Äußeres Ohr und Mittelohr (Reizleitung). In Keidel, W.D. (Hrsg.) Physiologie des
Gehörs. Georg Thieme Verlag, Stuttgart
- Plester, D., Zöllner, F.** (1980):
Behandlung der chronischen Mittelohrentzündungen. In Berendes, J., Link, R.,
Zöllner, F. (Hrsg.) Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde in Praxis und Klinik. Band 6: Ohr 2.
2.Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart
- Politzer, A.** (1887):
Lehrbuch der Ohrenheilkunde. Enke-Verlag, Stuttgart
- Pollock, F.J.** (1959):
Pathology of chronic otitis media. Ann. Otolaryngol. 70:421-35

- Reck, R.** (1981):
Tissue reactions to glass ceramics in the middle ear. *Clin. Otolaryngol.* 6(1): 63-5
- Schiebler, T.H., Schmidt, W., Zilles, K.** (1997):
Anatomie. 7. Auflage, Springer-Verlag, Berlin
- Schwartze, H., Eysell, A.** (1873):
Über die künstliche Eröffnung des Warzenfortsatzes. *Arch. Ohrenheilk.* 7: 24,
Zit. nach Plester und Zöllner (1980)
- Shea, J.J. Jr.** (1958):
Fenestration of the oval window. *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.* 67(4):932-51
- Shea, J.J. Jr.** (1960):
An IBM record card for stapes surgery. *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.* 69:280-3
- Shea, J.J., Homsy, C.A.** (1974):
The use of Proplast TM in otologic surgery. *Laryngoscope* 84(10):1835-45
- Shea, J.J., Emmett, J.R.** (1978):
Biocompatible ossicular implants. *Arch. Otolaryngol.* 104(4):191-6
- Shinohara, T., Gyo, K., Saiki, T., Yanagihara, N.** (2000):
Ossiculoplasty using hydroxyapatite prostheses: long-term results.
Clin. Otolaryngol. 25(4):287-92
- Smyth, G.D., Kerr, A.G., Hassard, T.H.** (1977):
Homograft materials in tympanoplasty. *Otolaryngol. Clin. North Am.* 10(3):563-80
- Smyth G.D., Patterson C.C.** (1985):
Results of middle ear reconstruction: do patients and surgeons agree?
Am. J. Otol. 6:276-9
- Stacke, L.** (1891):
Indikationen betreffend der Excision von Hammer und Amboß. *Arch. Ohrenheilk.* 31
- Steinbach, E.** (1972):
Autologes Knorpeltransplantat im Mittelohr. *Z. Laryngol. Rhinol. Otol.* 51(6):361-5
- Strauss, P.** (1979):
Das Hörvermögen nach Tympanoplastik. *HNO* 27:217-20
- Stupp, C.H., Stupp, H.F., Grün, D.** (1996):
Gehörknöchelchenersatz mit Titan-Prothesen
Laryngo-Rhino-Otologie 75(6):335-7
- Utech, H.** (1961):
Über die Verwendung von Knorpelgewebe bei der Tympanoplastik und
Stapeschirurgie. *HNO* 9: 232

- von Békésy, G.** (1936):
Über die Hörschwelle und Fühlgrenze langsamer, sinusförmiger Luftdruckschwankungen. *Ann. Phys.* 26:554-566
- van Blitterswijk, C.A., Kuijpers, W., Daems, W.T., Grote, J.J.** (1986):
Epithelial reactions to hydroxyapatite. An in vivo and in vitro study. *Acta Otolaryngol.* 101(3-4):231-41
- van Blitterswijk, C.A., Grote, J.J.** (1990):
Biocompatibility of clinically applied hydroxylapatite ceramic. *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. Suppl.* 144:3-11
- Wehrs, R.E.** (1985):
Homograft ossicles in middle ear surgery. *Am. J. Otol.* 6(1):33-4
- Wehrs, R.E.** (1989):
Incus replacement prostheses of hydroxylapatite in middle ear reconstruction. *Am. J. Otol.* 10(3):181-2
- Wehrs, R.E.** (1991):
Hearing results with incus and incus stapes prostheses of hydroxylapatite. *Laryngoscope.* 101(5):555-6
- Wehrs, R.E.** (1994):
Incus interposition and ossiculoplasty with hydroxyapatite prostheses. *Otolaryngol. Clin. North Am.* 27(4):677-88
- Wehrs, R.E.** (1995):
Hydroxylapatite implants for otologic surgery. *Otolaryngol. Clin. North Am.* 28(2):273-86
- Wittmaack, K.** (1933):
Wie entsteht ein genuines Cholesteatom? *Arch. Ohren Nasen Kehlkopfhk.* 137:306
- Wright, C.G., Meyerhoff, W.L., Burns, D.K.** (1985):
Middle ear cholesteatoma: an animal model. *Am. J. Otolaryngol.* 6:327-41
- Wullstein, H.** (1953):
Technik und bisherige Ergebnisse der Tympanoplastik. *Monatsschr. Ohrenheilkd. Laryngorhinol.* 87(4):308-11
- Wullstein, H.** (1955):
Prognose und Resultate der Tympanoplastik. *Acta Otolaryngol.* 45(5):440-54
- Wullstein, H.** (1956 a):
Theory and practice of tympanoplasty. *Laryngoscope* 66(8):1076-93
- Wullstein, H.** (1956 b):
The restoration of the function of the middle ear, in chronic otitis media. *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.* 65(4):1021-41

Wullstein, H. (1960):

Principles of tympanoplasty. Arch Otolaryngol. 71:329-37

Yokoya, S. (1991):

[Studies on biocompatibility of apatite-silicone composite material and investigation of its clinical application] Kokubyo Gakkai Zasshi. 58(1):32-58

Zahnert, T., Hüttenbrink, K.B. (2005):

Fehlermöglichkeiten bei der Ossikelkettenrekonstruktion.
HNO (1):89-104

Zöllner, F. (1954):

Die Schalleitungsplastiken. Acta Otolaryngol. 44(4):370-84

Zöllner, F. (1955):

The principles of plastic surgery of the sound-conducting apparatus.
J. Laryngol. Otol. 69(10):637-52

Zöllner, F. (1957):

The prognosis of the operative improvement of hearing in chronic middle ear infections. Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. 66(4):907-17

IV. Lebenslauf

08.11.1977	Geburt in Hannover als Sohn des Hals-Nasen-Ohrenarztes Dr. med. Wolf Lübbers und seiner Frau Dr. med. Ruth Lübbers, geb. Winter
1990 - 1997	Gymnasium des Ursulinen Ordens: St.-Ursula-Schule, Hannover
09.06.1997	Abitur
August 1997 - September 1998	Wehrersatzdienst als Zivildienstleistender, Neurologische Klinik, Klinikum Hannover
Oktober 1998 - September 2001	Studium der Humanmedizin, Philipps-Universität, Marburg
01.09.2000	Physikum
28.08.2001	Erstes Staatsexamen
Oktober 2001 - September 2004	Studium der Humanmedizin, Ludwig-Maximilians-Universität, München
08.09.2003	Zweites Staatsexamen
Oktober 2003 - September 2004	Praktisches Jahr an den Kliniken für Chirurgie, Neurochirurgie, Innere Medizin und Hals-Nasen-Ohren Heilkunde, Ludwig-Maximilians-Universität, München
19.10.2004	Drittes Staatsexamen
12.11.2004	Approbation als Arzt
seit 15.01.2005	Wissenschaftlicher Angestellter der Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohren Heilkunde, Ludwig-Maximilians-Universität, München

V. Danksagung

Meinem Doktorvater Herrn Professor Dr. G. Rasp danke ich für die freundliche Überlassung des Themas und den damit verbundenen Einblick in die hohe Kunst der Ohrchirurgie.

Herrn Dr.-Ing. U. Baumann danke ich für die Einführung in das audiologische Datenbanksystem und die fundierten fachlichen Hinweise. Frau E. Pfrogner danke ich für ihr Organisationstalent und die Süßigkeitenschublade.

Ganz besonderer Dank gilt folgenden Personen, die durch ihr persönliches Engagement meine klinische Ausbildung in der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde und mein wissenschaftliches Interesse gefördert haben und mich auch weiterhin durch neue Anstöße fordern und fördern: Frau Dr. Y. Anner, Univ.-HNO Klinik Basel, Schweiz; Herr Dr. J. Jakscha und Herr Professor M. Podvinec, HNO-Klinik Aarau, Schweiz; sowie Frau Dr. M. Andratschke und Herr Privatdozent Dr. H. Hagedorn, Univ.-HNO Klinik, München.

Herrn Professor Dr. A. Berghaus danke ich für das Vertrauen, an seiner Klinik als Assistenzarzt tätig sein zu dürfen.

Meinen Eltern Dr. Ruth und Dr. Wolf Lübbers danke ich für eine wundervolle Basis, die als liebevolle Begleitung und bedingungslose Unterstützung jederzeit Sicherheit und Zuversicht schenkt. Meinem Vater, der wahrscheinlich diese Arbeit am liebsten selber geschrieben hätte, danke ich für viele wertvolle Gespräche, Anmerkungen und praktische Hinweise, die die Begeisterung für die Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde überspringen ließen.

Schließlich danke ich Dr. Nicole Bagus, die mir seit Jahren durch ihre gefühlvolle Art zeigt, wie erfüllend es ist, auch den Menschen zwischen den Ohren zu lieben.

VI. Ehrenwörtliche Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit mit dem Titel

„Über die Resultate der Rekonstruktion der Gehörknöchelchenkette mit der Bojrab-Prothese
und die Entwicklung einer neuen Plot-Darstellung“

selbständig und nur unter Zuhilfenahme der erlaubten Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht und werden nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen.

Diese Dissertation wurde weder in gleicher, noch in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht.

München, den 15.03.2005

Christian W. Lübbers