

**Aus der Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkrankheiten,  
plastische und ästhetische Operationen**

**der Universität Würzburg**

**Direktor: Prof. Dr. med. Stephan Hackenberg**

**Hörergebnisse und Vestibularisfunktion nach transtemporaler Resektion  
von intrameatalen Vestibularisschwannomen mit Evaluation der  
postoperativen, konservativen Hörgeräteversorgung**

**Inauguraldissertation**

**zur Erlangung der Doktorwürde der**

**Medizinischen Fakultät**

**der**

**Julius-Maximilians-Universität Würzburg**

**vorgelegt von**

**Ulrike Buchta**

**aus Neustadt an der Aisch**

**Würzburg, November 2023**

**Referentin: Priv.-Doz. Dr. med. Desiree Ehrmann-Müller**

**Korreferentin: Prof. Dr. rer. nat. Kathleen Wermke**

**Dekan: Prof. Dr. med. Matthias Frosch**

**Tag der mündlichen Prüfung: 24.04.2024**

**Die Promovendin ist Ärztin.**

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	1
1.1	Allgemein .....	1
1.2	Ziele der Arbeit.....	6
2	Material und Methoden .....	7
2.1	Ethik- und Tierversuchsvotum.....	7
2.2	Studiendesign .....	7
2.3	Demographische Daten und Operationsverfahren .....	7
2.4	Audiometrische Daten .....	9
2.5	Klassifikation des Hörvermögens .....	10
2.6	Schwindel- und Gleichgewichtsdiagnostik.....	13
2.7	Hörrehabilitation .....	15
2.8	Statistische Auswertung .....	16
3	Ergebnisse .....	18
3.1	Patientenkollektiv .....	18
3.2	Hörklassifikationen und Hörerhalt .....	18
3.2.1	Ergebnisse bei einem Word Recognition Score bei 65 dB SPL....	18
3.2.2	Ergebnisse bei maximalem Word Recognition Score .....	20
3.3	Auswirkungen des Tumors auf die Vestibularis-Funktion.....	23
3.3.1	Subjektive Einschätzung.....	23
3.3.2	Videonystagmographie .....	23
3.3.3	Video-Kopf-Impuls-Test .....	23
3.4	Hörrehabilitation mit Hörgeräten .....	24
3.4.1	Rehabilitation mit konservativen Hörgeräten .....	24
3.4.2	(Bi-)CROS- und implantierbare Hörgeräte .....	28
3.5	Korrelationen .....	28
3.5.1	Einteilung nach Hörklassifikationen .....	28
3.5.2	VHIT-Einteilungen.....	34
4	Diskussion.....	37
4.1	Hörerhalt .....	37
4.2	Vestibularisfunktion .....	49
4.3	Hörrehabilitation .....	59

4.4	Limitationen.....	64
5	Zusammenfassung.....	66
6	Literaturverzeichnis.....	68
I	Abkürzungsverzeichnis	
II	Abbildungsverzeichnis	
III	Tabellenverzeichnis	
IV	Danksagung	
V	Lebenslauf	

# 1 Einleitung

## 1.1 Allgemein

Die Hörbahn dient der Weiterleitung von akustischen Informationen. Kommt es in diesen Abschnitten zu Läsionen, kann diese Sinneswahrnehmung teilweise oder vollständig eingeschränkt werden. Ein Teil der Hörbahn ist der achte Hirnnerv, der N. vestibulocochlearis (Lenarz & Boenninghaus, 2012). Er verläuft vom Labyrinth über den inneren Gehörgang zu seinen Kerngebieten in Pons und Medulla oblongata. Er stellt sich im inneren Gehörgang dreigeteilt in N. cochlearis und eine Pars superior und eine Pars inferior des N. vestibularis dar (Schünke et al., 2018). Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die hier eine Schädigung auslösen können. Es sind traumatische, infektiöse und iatrogene Ursachen sowie Raumforderungen und genetische Aberrationen zu nennen. Ein Beispiel für eine Raumforderung ist das Vestibularisschwannom (VS), welches die zentrale Rolle in der vorliegenden Arbeit spielt. Das VS ist der häufigste Tumor im Bereich des Kleinhirnbrückenwinkels (Barth & Schön, 2012). Zu erwähnen ist hier auch die Assoziation des VS mit der Neurofibromatose Typ II. Diese Phakomatose wird u.a. durch das beidseitige Auftreten von VS definiert (Baser et al., 2011).

In der älteren Literatur und im klinischen Alltag wurde dieser Tumor häufig „Akustikusneurinom“ genannt. Diese Bezeichnung ist jedoch nicht korrekt. Anders als der Name vermuten lässt, entstammen diese gutartigen Tumoren den Schwannschen Zellen der Nervenscheide (Brodhun et al., 2017) und nicht den Nervenfasern. Sie entstehen meist am vestibulären Teil des VIII. Hirnnervens (Roosli et al., 2012), weshalb der Begriff „Vestibularisschwannom“ die anatomischen Gegebenheiten besser trifft. Das Wachstum beginnt im inneren Gehörgang und kann sich im Verlauf in Richtung des Kleinhirnbrückenwinkels ausbreiten, woher auch die weitere häufig genutzte Bezeichnung des „Kleinhirnbrückenwinkeltumors“ stammt (Schünke et al., 2018).

Die klinische Ausprägung dieses Tumors lässt sich anhand des anatomischen Aufbaus erklären. Durch das Tumorwachstum, das heißt die Volumenzunahme der Schwannschen Zellen, wird sowohl auf ebengenannten N.

## 1 Einleitung

vestibulocochlearis als auch auf den N. facialis, den VII. Hirnnerven, Druck ausgeübt, da die beiden einen gemeinsamen Verlauf durch den Meatus acusticus internus haben. Dies führt als häufigstes Symptom zu einem einseitigen Hörverlust (Foley et al., 2017). Dieser kommt als progredienter Hörverlust vor, kann aber auch als akuter Hörsturz auffallen. Weitere Symptome, welche durch das Tumorwachstum entstehen können, sind Schwindel- oder Gleichgewichtsbeschwerden, denn auch der N. vestibularis kann durch den zunehmenden Druck in seiner Funktion gestört werden (Foley et al., 2017). Die Gleichgewichtsbeschwerden können von gelegentlichem Unsicherheitsgefühl bis hin zu Schwank- und Drehschwindelsymptomen reichen. Dieser Schwindel in seinen verschiedenen Ausprägungsformen hat großen Einfluss auf die Lebensqualität (LQ), sogar mehr als der Hörverlust oder Paralyse des N. facialis (Carlson et al., 2015). Letztere sind ein weiteres klinisches Symptom, welches auf ein VS hinweisen kann. Durch den Druck des Tumors und umgeben von dem unflexiblen, knöchernen Kanal des Meatus acusticus internus kann der VII. Hirnnerv Schaden nehmen (Abbildung (Abb.) 1).

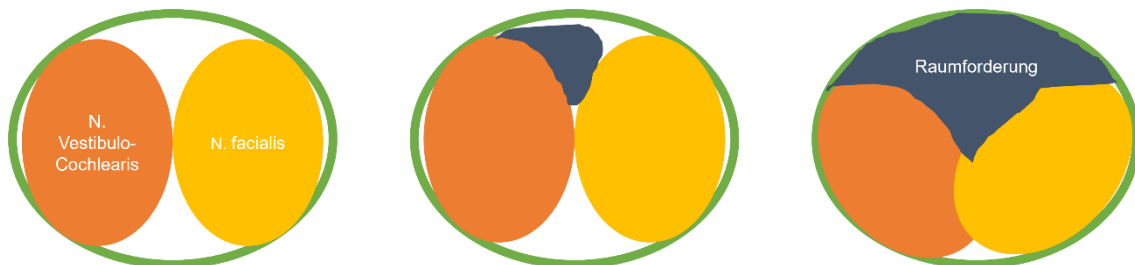


Abbildung 1 - Schematische Darstellung des inneren Gehörgangs mit den darin verlaufenden Nerven. Wachstum einer Raumforderung und Verdrängung der Nerven [eigene Darstellung].

Legende: N. = Nervus

Die Inzidenz scheint in den letzten Jahrzehnten gestiegen zu sein (Stangerup et al., 2010), wobei dies auf die verbesserte und vor allem häufiger angewandte kontrastmittelverstärkte Kernspintomographie zurückgeführt werden kann. Stangerup et al. konnten 2010 eine Inzidenz von 2 auf 100 000 pro Jahr ermitteln.

## 1 Einleitung

Die Behandlung besteht in einer mikrochirurgischen Resektion oder einer stereotaktischen Bestrahlung. Aufgrund des langsamen Wachstums wird aber nicht selten die Option einer reinen Observation (wait-and-scan) gewählt. Die mikrochirurgische Exzision über den transtemporalen Zugangsweg wurde 1961 von William House mithilfe eines Operationsmikroskops etabliert (House, 1961). Dieser Operationszugang ist vor allem bei jungen Menschen indiziert, deren Hörvermögen noch als gut und erhaltenswert bewertet wird. Der Hörerhalt, der Erhalt der Facialisfunktion und die geringe Komplikationsrate stehen hier im Vordergrund. Die Stadieneinteilung des Tumors erfolgt nach Koos (Koos et al., 1998) (Tabelle (Tab.) 1).

*Tabelle 1 - Tumorstadieneinteilung nach Koos (1998)*

<b>T-Stadium</b>	<b>Tumorausdehnung</b>
1	Tumor rein intrameatal
2	nach extrameatal reichend
3	Kontakt zum Hirnstamm
4	Kompression des Hirnstamms

*Legende: T-Stadium = Tumorstadium*

Bei kleinen Tumoren, d. h. dem Tumor-(T-)Stadium T1 (rein intrameatal) und dem T2-Stadium (extrameataler Anteil ohne Kontakt zum Hirnstamm), und den vorhergenannten Kriterien erfolgt die Empfehlung zur transtemporalen Exzision (Schwager et al., 2008). Auch über einen suboccipitalen/retrosigmoidalen oder translabyrinthären Zugang kann der Tumor reseziert werden. Die Wahl des Zugangsweges ist abhängig von verschiedenen Faktoren wie Größe und Lage des Tumors, dem noch vorhandenen Hörvermögen des Patienten und seinem allgemeinen Gesundheitszustand (Babu et al., 2013). Der suboccipitale Zugang wird vor allem bei größeren Tumoren ab dem T3-Stadium (Kontakt zum Hirnstamm) angewandt. Hier operiert zum Teil ein interdisziplinäres Team aus Neurochirurgen und HNO-Chirurgen, was zu einem positiven Outcome führen kann, bei dem jede Disziplin ihre Expertise in einem bestimmten Bereich einbringen kann (Tonn et al., 2000). Der translabyrinthäre Zugang wird bei Patienten mit einem T1 und T2 Tumor und an Taubheit grenzender

## 1 Einleitung

Schwerhörigkeit oder Taubheit angewandt, da es hier postoperativ in jedem Fall zur Ertaubung kommt (Schulz et al., 2018). Auch intracochleäre Schwannome können so therapiert werden. Bleibt bei Operationen über diesen Zugang der Hörnerv erhalten, so kann hier eine Versorgung mit einem Cochlea Implantat (CI) versucht werden. Hiermit konnten in verschiedenen Studien und Fallberichten vielversprechende Ergebnisse erzielt werden. Es können bei der Operation Platzhalter für das CI implantiert werden, um Vernarbungen um die Insertionsstelle zu vermeiden (Bohr et al., 2017) oder es wird einzeitig im selben Eingriff das CI eingesetzt (Plontke et al., 2017). In den letzten Jahrzehnten wurde zunehmend die Bestrahlung des Tumors angewandt, welche jedoch nur zu einer Wachstumshemmung und nicht zur Entfernung des Tumors führt. Hierbei wird der Tumor punktuell mit einer hohen Dosis im Schädel bestrahlt, wobei diese im gesunden Gewebe deutlich abnimmt. Die Therapie kann als einzelne Bestrahlung, dann als Radiochirurgie bezeichnet, oder als fraktionierte Bestrahlung erfolgen. (Schulz et al., 2018) Das Outcome dieser Therapieform unterscheidet sich stark durch die verschiedenen Bestrahlungsmöglichkeiten, Strahlendosen, Fraktionierung der Bestrahlung und auch der Tumorgroße (Tolisano & Hunter, 2019). Beim Wait-and-Scan, der Observation, werden über eine Magnetresonanztomografie (MRT) regelmäßig vergleich- und reproduzierbare Befunde erhoben (Abb. 2 und 3). So kann das Wachstum des Tumors im zeitlichen Verlauf kontrolliert werden (Meyer et al., 2006). Empfohlen wird dieses Vorgehen vor allem für alte und multimorbide Patienten und auch solche mit nur noch einem hörfähigen Ohr.



## 1 Einleitung

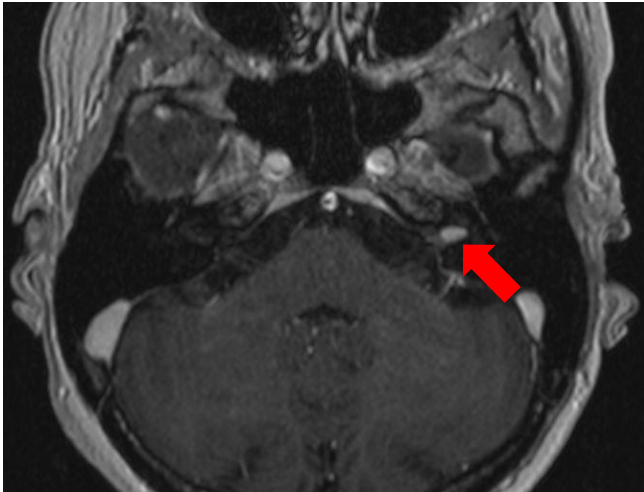


Abbildung 2 - Axiale Magnetresonanztomografie-Aufnahme mit Kontrastmittel in T1-Wichtung eines intrameatalen Vestibularisschwannoms links. Pfeil markiert Vestibularisschwannom. [genehmigt durch die Abteilung für Neuroradiologie des Universitätsklinikums Würzburg; Direktor: Prof. Dr. med. M. Pham]

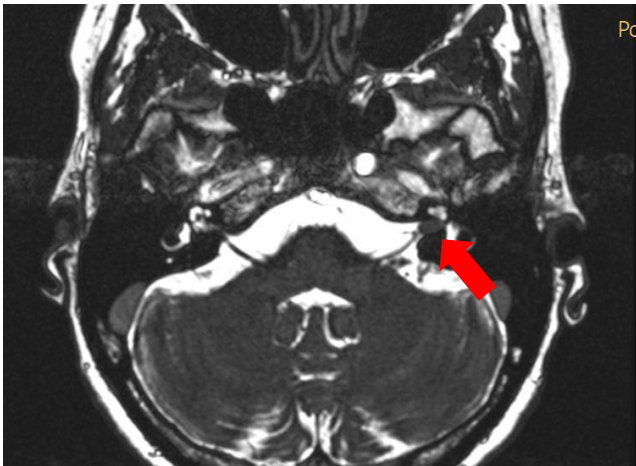


Abbildung 3 - Axiale Magnetresonanztomografie-Aufnahme in T2-Wichtung mit CISS-Sequenz (Constructive interference in steady state) eines intrameatalen Vestibularisschwannoms links. Pfeil markiert Vestibularisschwannom. [genehmigt durch die Abteilung für Neuroradiologie des Universitätsklinikums Würzburg; Direktor: Prof. Dr. med. M. Pham]

Durch eine genaue klinische Untersuchung des Patienten kann die Vortestwahrscheinlichkeit der Detektion eines VS in der Bildgebung erhöht werden (Califano et al., 2017). Doch in vielen Fällen muss im Laufe dieser konservativen Behandlungsmethode auf eine interventionelle Methode zurückgegriffen werden. Viele Patienten verlieren im Laufe dieser Observationsperiode die Möglichkeit auf einen hörerhaltenden Eingriff und verlieren ihr Gehör (Charabi et al., 2000).

## 1 Einleitung

Aufgrund der steigenden Inzidenz von VS müssen sich auch immer mehr Patienten und Ärzte entscheiden, welche Therapierichtung angestrebt werden soll. Die Unsicherheit der Betroffenen wird auch durch die umfassende Informationsmenge aus dem Internet größer. Damit steigt auch der Bedarf an Ärzten, die Antworten auf die Fragen der Betroffenen haben und beraten können. Diese Antworten können durch neue Studien immer genauer gegeben und an den jeweiligen Patienten mit ihrem eigenen Fall angepasst werden.

### **1.2 Ziele der Arbeit**

In der vorliegenden Arbeit sollte untersucht werden, ob sich das Hörvermögen der Patienten mit einer transtemporalen VS-Exstirpation erhalten lässt und wie es sich im Follow-Up entwickelt. Hierfür sollten Ergebnisse von Ton- und Sprachaudiometrien der Patienten ausgewertet und sie weiterhin in Hörklassifikationen eingeteilt werden. Hiermit sollten dann die Hörerhaltsraten berechnet werden. Zudem sollte untersucht werden, ob es einen Zusammenhang zwischen dem Alter der Patienten und den Hörergebnissen gibt und ob es eine Korrelation zwischen den präoperativen Hörergebnissen und den postoperativen Hörergebnissen gibt.

Es sollte herausgearbeitet werden, wie die Vestibularisfunktion sich vor der Operation darstellt und ob man klinische oder apparative Funktionsänderungen postoperativ feststellen kann. Hierfür sollten das subjektive Schwindelempfinden und Befunde apparativer Untersuchungen wie der Videonystagmographie (VNG) und des Videokopfimpulstests (VHIT) ausgewertet werden. Zudem sollte untersucht werden, ob es einen Zusammenhang zwischen dem Alter und der Vestibularisfunktion gibt. Auch die Korrelation zwischen den Funktionen der Bogengänge und der Einteilung in die Hörklassifikationen sollte untersucht werden.

Des Weiteren sollte die postoperative, konservative Hörgeräteversorgung bezüglich der Verbesserung des Hörvermögens mit Versorgung evaluiert werden.

## **2 Material und Methoden**

### **2.1 Ethik- und Tierversuchsvotum**

Es wurden keine Tierversuche durchgeführt. Es bestehen keine ethischen oder rechtlichen Bedenken gegen die Auswertung der retrospektiven Daten (Aktenzeichen Ethikkommission: 20191010 01).

### **2.2 Studiendesign**

Es wurden retrospektiv die Ergebnisse von ton- und sprachaudiometrischen Untersuchungen der Patienten<sup>1</sup> ausgewertet und diese anschließend in Hörklassifikationen eingeteilt. Die Hörerhaltsraten nach der Operation konnten so berechnet werden. Die Funktion des Vestibularorgans wurde routinemäßig mit verschiedenen Tests gemessen. Deren Ergebnisse wurden hier retrospektiv ausgewertet. Zudem wurde die postoperative Hörrehabilitation mit konservativen Hörgeräten beschrieben und evaluiert. Die Ergebnisse der Audiometrien und Vestibularisprüfungen wurden auf ihre Korrelationen überprüft sowie auf die Korrelationen mit verschiedenen Einflussfaktoren wie dem Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Operation. Das genaue Vorgehen wird in den nachfolgenden Kapiteln ausführlich dargestellt.

### **2.3 Demographische Daten und Operationsverfahren**

Es handelt sich um eine klinische retrospektive Studie, in die 105 Patienten, die eine transtemporale VS-Resektion erhielten, eingeschlossen wurden. Es wurden die Daten von 46 weiblichen (44%) und 59 männlichen (56%) Patienten untersucht. Die Altersspanne beim Eingriff reichte von 16 bis 78 Jahren. Der Altersdurchschnitt lag bei 51,5 Jahren. 46 Tumoren konnten dem T1-Stadium (44%) zugewiesen werden und 59 dem T2-Stadium (56%). Rechtsseitig lagen 47 (45%) der VS und 58 (55%) lagen auf der linken Seite (Tab. 2).

---

<sup>1</sup> Aufgrund der besseren Lesbarkeit wird im Text das generische Maskulinum verwendet, gemeint sind jedoch, wenn nicht anders beschrieben, immer alle Geschlechter.

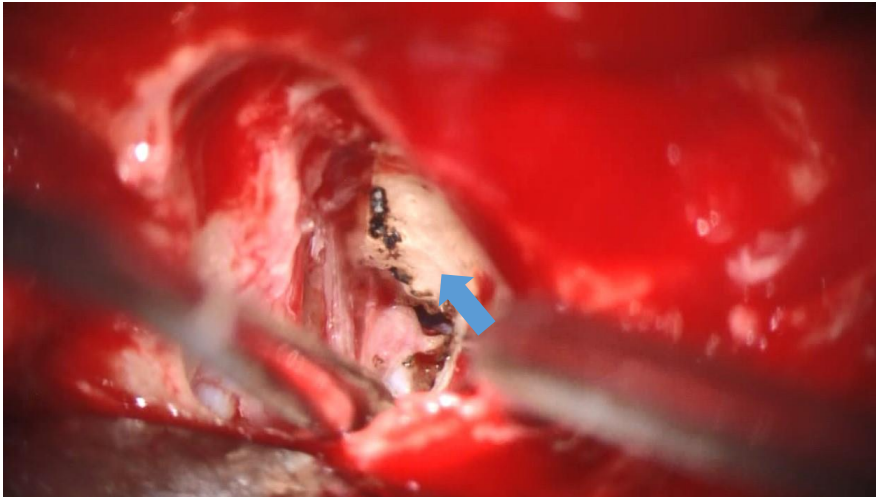
## 2 Material und Methoden

Tabelle 2 - Demographische Daten der 105 Patienten der Studienkohorte

	<b>Gesamt</b>	<b>Frauen</b>	<b>Männer</b>
Population	105	46 (44%)	59 (56%)
Mittleres Alter	51,5	51,2	51,8
<b>T-Stadium</b>			
T1	46 (44%)	21	25
T2	59 (56%)	25	34
<b>Betroffene Seite</b>			
Rechts	47 (45%)	23	24
Links	58 (55%)	23	35

Legende: T-Stadium = Tumorstadium; T1 = Tumorstadium 1; T2 = Tumorstadium 2

Die Patienten wurden alle zwischen Februar 2015 und November 2019 operiert. Die Einschlusskriterien waren intrameatale VS mit oder ohne extrameatalem Anteil aber ohne Kontakt zum Hirnstamm. Diese Größen entsprechen dem T-Stadium T1 und T2 und wurden zunächst durch einen kernspintomographischen Befund erhoben. Ausschlusskriterien waren das Vorliegen einer Neurofibromatose Typ 2 und Rezidiv- oder Residualbefunde, nachdem bereits eine interventionelle Therapie durchgeführt worden war. Alle Patienten wurden über den transtemporalen Zugangsweg operiert. Wie Thumfart et al. berichten, wird bei diesem zunächst ein temporaler S-förmiger Hautschnitt angelegt und danach der Knochen unter dem Musculus temporalis freigelegt. Nach einer temporalen Trepanation (4-5 Bohrlöcher) wird der Schädel mithilfe eines Kraniotoms eröffnet. Um den Temporallappen anheben zu können, wird die Dura mater von der Pyramidenoberfläche abgeschoben. Nun wird anhand einiger Landmarken der Verlauf des inneren Gehörgangs identifiziert: Die Winkelhalbierende zwischen der Eminentia arcuata, die durch den oberen (vorderen) Bogengang hervorgerufen wird, und dem N. petrosus major sowie der A. tympanica superior, stellt diesen dar. Durch vorsichtiges Beschleifen des Knochens Schicht für Schicht kann so der Meatus acusticus internus freigelegt werden (Abb. 4).



*Abbildung 4 - Operationssitus einer transtemporalen Vestibularisschwannom-Exstirpation. Blick von oben auf den eröffneten Meatus acusticus externus. Pfeil markiert Vestibularisschwannom, welches schon teilweise durch Laser entfernt wurde. [HNO-Universitätsklinik Würzburg, Abdruck genehmigt durch Prof. Dr. med. Dr. h.c. R. Hagen]*

Die Dura mater sollte bis jetzt nicht eröffnet worden sein. Um den Tumor zu reseziieren, wird sie mit einem stumpfen Instrument eröffnet. (Thumfart, 1998) Angewandt wird dieser Zugangsweg vor allem, um noch vorhandenes Hörvermögen und das Labyrinth weitgehend zu schützen. Um auch das andere umliegende Gewebe und vor allem Leitungsbahnen zu schützen, hat sich in Würzburg ein intraoperatives Neuromonitoring des N. facialis und des N. cochlearis etabliert. Die Funktion des N. cochlearis wird intraoperativ über BERA-Messungen (Brainstem Evoked Response Audiometry; Hirnstammaudiometrie) überwacht.

### **2.4 Audiometrische Daten**

Prä- und zu verschiedenen Zeitpunkten postoperativ wurden bei den Patienten routinemäßig tonaudiometrische und sprachaudiometrische Befunde erhoben. Die Zeitpunkte der verschiedenen Messungen waren ein bis zwei Tage vor, bis zu 7 Tage nach der Operation und innerhalb des Follow-Ups zu verschiedenen Zeitpunkten zwischen 2 und 27 Monaten. Das mittlere Follow-Up lag bei 7 Monaten. Somit konnte auch der Verlauf der Hörrehabilitation beurteilt werden. Die Ergebnisse dieser Audiometrien wurden retrospektiv ausgewertet.

## 2 Material und Methoden

Die Tonaudiometrie ist die graphische Darstellung der Hörschwelle eines Patienten in Abhängigkeit von der Frequenz. Gemessen wird die Luft- sowie die Knochenleitung. Der Patient bekommt verschiedene Frequenzen über Kopfhörer dargeboten, die in bestimmten Abständen (oft 5 dB Sound Pressure Level (SPL)) verstärkt werden. Er gibt Rückmeldung, sobald er den Ton vernimmt. Die Kopfhörer für die Luftleitung werden direkt vor dem äußeren Gehörgang platziert, die für Knochenleitung auf dem Mastoid. Die Frequenzen variieren von 125 Hz bis 8000 Hz. (Laszig et al., 2009)

In der vorliegenden Studie wurden die Ergebnisse der Frequenzen 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz und 3000 Hz ausgewertet.

Bei der Sprachaudiometrie wurde in dieser Studie der Freiburger Einsilbertest für die Auswertungen verwendet. Hier gibt es 20 verschiedene Gruppen mit je 20 einsilbigen Wörtern, welche nach linguistischen Einheiten standardisiert sind. Dem Patienten werden diese Wörter mit verschiedenen SPL [dB] präsentiert und es wird dokumentiert, wie hoch die Einsilberdiskrimination unter welchem SPL ist. (Kompis, 2013)

Für die Auswertung wurde das prozentuale Verstehen für Wörter (Wortverständnis) bei 65 und 80 dB SPL verwendet, welches als Word Recognition Score (WRS) bezeichnet wird. Auch der maximale WRS bei verschiedenen dB SPL-Werten wurde analysiert.

### **2.5 Klassifikation des Hörvermögens**

Mit den Daten der Ton- und Sprachaudiometrien wurden die Patienten in zwei verschiedene Hörklassifikationen eingeteilt, um zum einen die internationale Vergleichbarkeit mit anderen Arbeiten zu erhöhen und um darzustellen, welche der beiden das Hörvermögen mittelfristig am besten wiedergibt.

Die erste war die Einteilung der AAO-HNS von 1995 (Abb. 5). Hierbei wird der Patient mittels seines Pure Tone Average (PTA), was dem Durchschnitt des Hörverlustes der Frequenzen 500, 1000, 2000 und 3000 Hz entspricht, und seines WRS in die Kategorien A bis D eingeteilt (American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery Foundation, 1995).

## 2 Material und Methoden

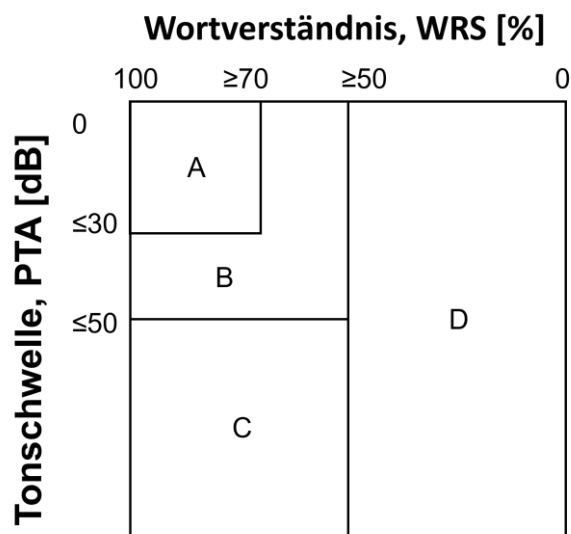


Abbildung 5 - Einteilung des Hörvermögens nach der American Academy of Otolaryngology - Head and Neck Surgery Foundation (AAO-HNS) - Klassifikation (1995)

Legende: PTA = Pure Tone Average/Durchschnitt des Hörverlustes; WRS = Word Recognition Score/Wortverständnis

In der vorliegenden Arbeit erfolgte die Zuordnung der Patienten zu den verschiedenen Klassen mit dem WRS bei 65 dB SPL und mit dem maximalen WRS. Letzteres wird empfohlen, um die Vergleichbarkeit verschiedener Arbeiten auch international zu erhöhen (Rahne et al., 2020). So konnte zudem überprüft werden, welche Einteilung postoperativ den Verlauf im Follow-Up besser wiedergibt und somit angewandt werden sollte, um dem Patienten und dem Untersucher einen besseren Ausblick auf die Hörrehabilitation geben zu können. Eine zweite international etablierte Klassifikation wurde 1988 von Gardner und Robertson (GRC) eingeführt (Tab. 3). Bei dieser wird der PTA der Frequenzen 500, 1000 und 2000 Hz für die Einteilung verwendet und der Patient mittels dieses PTA und des WRS in die Kategorien 1-5 eingeteilt (Gardner & Robertson, 1988).

## 2 Material und Methoden

Tabelle 3 - Einteilung des Hörvermögens nach Gardner-Robertson-Klassifikation (1988)

GR-Klasse	PTA	WRS
1	0-30 dB	70-100%
2	31-50 dB	50-69%
3	51-90 dB	5-49%
4	> 90 dB	1-4%
5	-	0%

Legende: GR-Klasse = Gardner-Robertson-Klasse; PTA = Pure Tone Average/Durchschnitt des Hörverlustes; WRS = Word Recognition Score/Wortverständnis

Auch diese Klassifikation wurde zum einen mit einem WRS bei 65 dB SPL und zum anderen mit dem maximal erreichten WRS bei verschiedenen Schalldruckpegeln ausgewertet und verglichen. In Abb. 6 ist das Vorgehen der Einteilung in die beiden Klassifikationen noch einmal graphisch dargestellt.

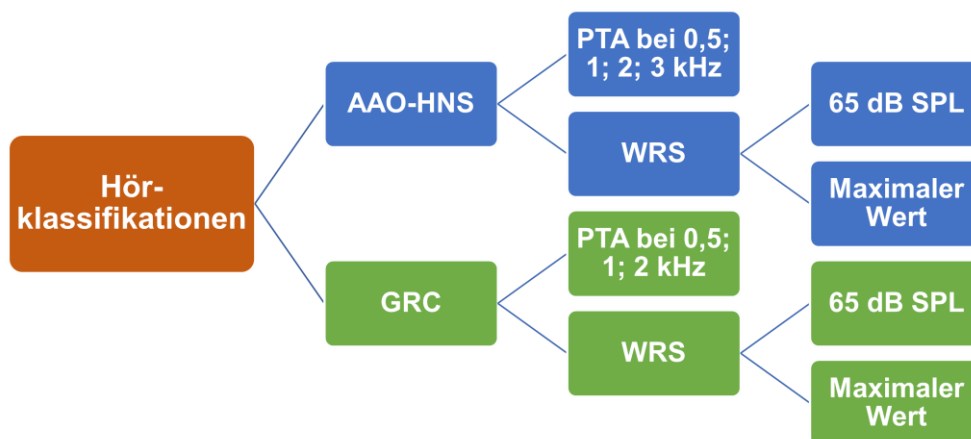


Abbildung 6 - Einteilung nach beiden Hörklassifikationen und Word Recognition Score-Definitionen

Legende: AAO-HNS = American Academy of Otolaryngology - Head and Neck Surgery Foundation - Klassifikation; GRC = Gardner-Robertson-Klassifikation; PTA = Pure Tone Average/Durchschnitt des Hörverlustes; SPL = Sound Pressure Level/Schalldruckpegel; WRS = Word Recognition Score/Wortverständnis

Nachdem die Patienten in die Hörklassifikationen eingeteilt worden waren, wurden die Hörerhaltsraten postoperativ und im Follow-Up evaluiert. Hörerhalt ist in der AAO-HNS-Klassifikation definiert als Klasse A und B und in der GRC als



## 2 Material und Methoden

Klasse 1 bis 3. Zunächst wurde der Hörerhalt der gesamten Kohorte (A bis D bzw. 1 bis 5) untersucht, dann der der Patienten, die präoperativ Teil der Klassen A oder B bzw. 1 bis 3 waren. Zudem wurde herausgearbeitet, bei wie vielen Patienten sich die Hörklasse postoperativ verbesserte.

Das Vorgehen der Auswertung des Hörerhalts ist in Abb. 7 noch einmal graphisch dargestellt.

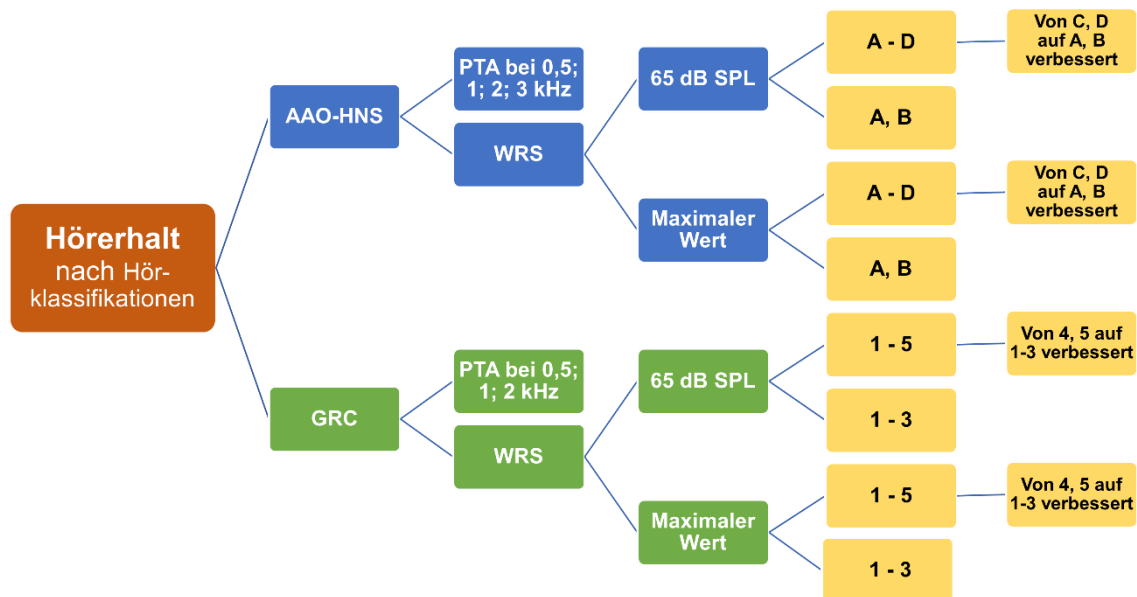


Abbildung 7 - Vorgehen der Auswertung der Hörerhaltsraten nach Hörklassifikationen

Legende: AAO-HNS = American Academy of Otolaryngology - Head and Neck Surgery Foundation - Klassifikation; GRC = Gardner-Robertson-Klassifikation; PTA = Pure Tone Average/Durchschnitt des Hörverlustes; SPL = Sound Pressure Level/Schalldruckpegel; WRS = Word Recognition Score/Wortverständnis

### 2.6 Schwindel- und Gleichgewichtsdiagnostik

Bei der Schwindeldiagnostik wurden sowohl subjektive Einschätzungen der Patienten berücksichtigt als auch objektive Tests. Die Arztbriefe und Ambulanzanamnesen wurden rückblickend auf die Aussagen der Patienten bzgl. ihrer Schwindelvorgeschichte und ihrer persönlichen Einschätzung der Schwindellage postoperativ analysiert. Hierbei wurden die Patienten in zwei Gruppen eingeteilt. Sie wurden der Gruppe 1 zugewiesen, wenn sie angaben, Schwindel in einer klaren Auftretensform zu haben. Gruppe 2 enthielt Patienten, die keinen Schwindel oder nur gelegentlich ein Unsicherheitsgefühl angaben.

## 2 Material und Methoden

Ein objektiver Test, dessen Ergebnisse retrospektiv ausgewertet wurden, war die Videonystagmographie (VNG) mit kalorischer Prüfung. Hierbei wird die Bewegung der Pupillen aufgezeichnet und ein Nystagmus kann detektiert werden. Eine Beschreibung findet sich bei Andresen et al. Dort wird ausgeführt, dass mit Hilfe der kalorischen Prüfung durch Spülen des äußeren Gehörganges mit warmem (44° Celsius) und kaltem (33° Celsius) Wasser gezielt die Funktion des lateralen Bogenganges des Vestibularorgans untersucht werden kann. Bei einem Wärmereiz kommt es zur Depolarisation der ipsilateralen vestibulären Sinneszellen und somit schlägt der Nystagmus in die Richtung des gespülten Ohres. Bei Kälte verhält es sich gegensätzlich. Durch die Hyperpolarisation kommt es zu einem Nystagmus zur kontralateralen Seite. Das Fehlen oder Auftreten eines Nystagmus, der nicht den eben beschriebenen physiologischen Vorgängen entspricht, weist auf eine pathologische Veränderung am lateralen Bogengang oder dem nachgeschalteten Nerven hin. (Andresen et al., 2012)

Es wurde die Funktion des Vestibularorgans mithilfe der VNG mit kalorischer Prüfung durch das Auftreten eines Spontannystagmus (SNY) vor der Operation kontrolliert und auch die Funktion des lateralen Bogenganges wurde hier präoperativ mit Hilfe der kalorischen Prüfung untersucht. In der vorliegenden Studie wurden die Ergebnisse dieses Tests retrospektiv ausgewertet.

Weiterhin wurden die Ergebnisse des Video-Kopf-Impuls-Test (VHIT) retrospektiv ausgewertet. Damit können alle 6 Bogengänge im Hochfrequenzbereich untersucht werden (Blödwow et al., 2013). Es werden die Augenbewegungen während einer schnellen Seitwärtsbewegung des Kopfes mit Hilfe einer Hochgeschwindigkeits-Videokamera aufgezeichnet und analysiert (Andresen et al., 2012). Hierbei gibt es verschiedene Untersuchungssysteme: Einerseits befindet sich die Videokamera in einer Brille, die dem Patienten aufgesetzt wird oder auf einem Stativ, vor welches der Patient gesetzt wird. Für diese Studie wurde das Untersuchungssystem mit Stativ (VHIT ULMER SYSTEM) verwendet. Andresen et al. beschreiben zudem den Ablauf der Untersuchung: Während der Patient vor dem Stativ sitzt, fixiert er Punkte an der dahinterliegenden Wand. Der Untersucher führt passive Kopfbewegungen mit hoher Beschleunigung jedoch kleiner Amplitude in der Ebene des zu

## 2 Material und Methoden

untersuchenden Bogenganges durch. Physiologischerweise kommt es nun zu kompensatorischen, entgegengesetzten Ausgleichsbewegungen der Augen. Liegt eine Störung des vestibulookulären Reflexes vor, kommt es während der Kopfbewegung in Richtung der erkrankten Seite zu kompensatorischen Korrektursakkaden der Bulbi. Bei der Auswertung des Tests, berechnet der Computer den sogenannten Gain als eine Zahl zwischen 1 (nicht gemindert) und 0 (ausgefallen). (Andresen et al., 2012) Bei der Berechnung des Gain-Wertes wird die Geschwindigkeit der Augen ins Verhältnis zur Geschwindigkeit des Kopfes gesetzt (Schmäl, 2020). In der vorliegenden Arbeit wurden die Ergebnisse der VHITs vor und nach dem Eingriff analysiert. Die Funktion der einzelnen Bogengänge der Patienten wurde in normal (Gain 1-0,8), gemindert (Gain <0,8-0,5) oder ausgefallen (Gain < 0,5) eingeteilt.

### **2.7 Hörrehabilitation**

Die ärztlichen Befunde und Ambulanzanamnesen wurden retrospektiv auf die Aussagen der Patienten bzgl. Hörgeräte-Versorgung vor und nach dem Eingriff analysiert. Hier wurden je prä- und postoperativ verschiedene Ergebnisgruppen zusammengefasst. In Gruppe 1 befanden sich Patienten ohne HG-Versorgung. Gruppe 2 enthielt Patienten mit einer konservativen HG-Versorgung im Sinne eines Hinter-dem-Ohr-(HdO)-HG oder Im-Ohr-(IO)-HG. Hierbei handelt es sich um HG, bei denen Geräusche aus der Umgebung aufgenommen werden und dem schlechter hörenden Ohr verstärkt präsentiert werden (Kießling et al., 2008). Die dritte Gruppe nutzte Contralateral Routing of Signals (CROS)- oder Bilateral-Contralateral Routing of Signals (BiCROS)-Systeme, während Gruppe 4 Patienten mit implantierbaren Hörgeräten beinhaltete, die mit Bone Anchored Hearing Aids (BAHA) und CIs versorgt waren. Bei CROS-HG werden die Geräusche der Umgebung der eingeschränkten Seite über ein Mikrofon dem Ohr der anderen Seite zugespielt. Damit kann die Umwelt von beiden Seiten wahrgenommen werden, wobei die Wiederherstellung des räumlichen Hörens so nicht erreicht werden kann. BiCROS-Geräte finden Verwendung bei Patienten deren Hörvermögen auf der einen Seite an Taubheit grenzend schwerhörig oder ertaubt ist und die Gegenseite ebenfalls eine versorgungswürdige Hörminderung

aufweist. Bei BAHA-Versorgungen wird die Knochenleitung ausgenutzt. (Kießling et al., 2008) Ein CI wird laut der S2k-Leitlinie „Cochlea-Implant Versorgung“ der Deutschen Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Hals-Chirurgie e.V. eingesetzt bei u.a. postlingual ertaubten Personen sowie bei einseitiger Taubheit, wie sie auch bei einer VS-Erkrankung im Verlauf vorkommen kann. Dabei wird das Tonsignal in elektrische Reize umgewandelt und tonotopisch auf die Cochlea übertragen (Kießling et al., 2008).

Die demographischen Daten der Patienten sowie die Hörbefunde mit HG-Versorgung durch eine Sprachaudiometrie wurden ausgewertet. Diese wurden mit den sprachaudiometrischen Untersuchungen ohne Versorgung verglichen, um die Verbesserung des Hörvermögens mit Versorgung zu quantifizieren. Für die Analyse wurden die Werte bei einem SPL von 65 und 80 dB verwendet. Es wurde zudem überprüft, ob es demographische oder audiometrische Einflussfaktoren auf die Entscheidung für oder gegen ein HG gab, bzw. warum sich manche Patienten mit gestellter Indikation für eine Versorgung explizit gegen eine solche aussprachen.

Da die CI-Versorgung von VS-Patienten in den letzten Dekaden weiter an Bedeutung gewonnen hat, wurden diese in der vorliegenden Studie noch weitergehend analysiert und auch der Verlauf von Diagnose über Exstirpation des Tumors bis zur Implantation des CIs und der Nachsorge zusätzlich betrachtet.

### **2.8 Statistische Auswertung**

Die statistische Auswertung wurde von der Autorin mit dem Programm SPSS der Version 29.0.1.0 durchgeführt.

Zunächst wurde die Verschiebung der Anteile der Einteilung in die Hörklassifikationen von präoperativ nach postoperativ und im Follow-Up deskriptiv (in Prozent) untersucht.

Die Ergebnisse der Befragung nach Auftreten von Schwindel wurden deskriptiv (in Prozent) prä- und postoperativ untersucht. Zusätzlich wurden die Ergebnisse der präoperativen Messungen prozentual erfasst.

## 2 Material und Methoden

Die postoperative Hörrehabilitation mit HG wurde deskriptiv (in Prozent) nach Art der Versorgung und nach Verbesserung des Hörvermögens mit Versorgung untersucht.

Zudem wurden verschiedene Korrelationen analysiert. Es wurde untersucht, ob es eine Korrelation zwischen dem Alter der Patienten bei der Operation und den Einteilungen in beide Hörklassifikationen gab.

Weiterhin wurde untersucht, ob es eine Korrelation zwischen der präoperativen Einteilung in die Hörklassifikation und den postoperativen Einteilungen gab. Die audiologischen Einteilungen wurden nach Klassifikationen (AAO-HNS, GRC) und WRS (bei 65 dB SPL, bei maximalem SPL) und auch nach Zeitpunkten in präoperativ, postoperativ und im Follow-Up analysiert.

Auch Korrelationen bzgl. der präoperativen VHIT-Einteilungen wurden überprüft. Es wurde untersucht, ob die Einteilungen der präoperativen VHIT-Ergebnisse mit den Einteilungen in die Hörklassifikationen korrelierten. Die Ergebnisse der VHIT-Einteilung waren aufgeteilt nach anteriorem, lateralem und posteriorem Bogengang. Auch die Korrelation zwischen dem Alter der Patienten bei der Operation und den präoperativen VHIT-Einteilungen wurden analysiert.

Es wurde in allen Fällen die Korrelation nach Spearman untersucht. Dabei wurden der Korrelationskoeffizient  $r$  sowie der  $p$ -Wert berechnet, wobei das Signifikanzniveau bei  $p=0,05$  lag.

Für die Beschreibung der Effektstärke wurde sich an der Einteilung nach Cohen orientiert ( $r = 0,1 \rightarrow$  schwacher Effekt;  $r = 0,3 \rightarrow$  mittlerer Effekt;  $r = 0,5 \rightarrow$  starker Effekt) (Cohen, 1988).

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Patientenkollektiv

Es wurden die Daten von 46 Frauen (44%) ausgewertet, wobei 21 von ihnen einen Tumor im T1-Stadium aufwiesen (46%) und 25 im T2-Stadium (54%). 59 Männer (56%) wurden untersucht. Von den männlichen Patienten hatten 25 einen Tumor im T1-Stadium (42%) und 34 wurden dem T2-Stadium (58%) zugewiesen. Die Altersspanne beim Eingriff reichte von 16 bis 78 Jahren. Der Altersdurchschnitt lag bei 51,5 Jahren. Rechtsseitig lagen 47 (45%) der VS und 58 (55%) auf der linken Seite (Tab. 2).

### 3.2 Hörklassifikationen und Hörerhalt

Die Auswertung der verschiedenen Hörklassifikationen erfolgte wie in Abb. 7 dargestellt (Kapitel 2.5).

#### 3.2.1 Ergebnisse bei einem Word Recognition Score bei 65 dB SPL

Die Patienten wurden der AAO-HNS-Hörklassifikation mit einem WRS bei 65 dB SPL zugeordnet. Die Einteilung zeigte sich wie in Tab. 4 dargestellt.

*Tabelle 4 - Einteilung nach AAO-HNS-Klassifikation von allen Patienten mit einem WRS bei 65 dB SPL.*

<b>AAO-HNS-Klassifikation (WRS65)</b>	<b>prä OP</b>	<b>post OP</b>	<b>im Follow-Up</b>
A	64 (61%)	25 (24%)	29 (28%)
B	16 (15%)	15 (14%)	22 (21%)
C	1 (1%)	1 (1%)	2 (2%)
D	24 (23%)	64 (61%)	52 (50%)

*Legende: AAO-HNS = American Academy of Otolaryngology - Head and Neck Surgery Foundation - Klassifikation; post OP = postoperatives Hörvermögen; prä OP = präoperatives Hörvermögen; SPL = Sound Pressure Level/Schalldruckpegel; WRS65 = Word Recognition Score/Wortverständnis bei 65 dB SPL*

Der Hörerhalt direkt postoperativ lag somit bei 38%. Im Follow-Up verbesserte er sich auf 49% (Tab. 4). Bei dieser Betrachtung fließen jedoch auch Patienten ein, deren Hörvermögen vor der Operation schon stark eingeschränkt war. Von

### 3 Ergebnisse

diesen Patienten, die präoperativ den Klassen C oder D zugewiesen wurden verbesserten sich nach dem Eingriff 3 in die Klassen A oder B (12%).

Betrachtet wurden dann Patienten, die vor der OP ein Hörvermögen der Klasse A oder B aufwiesen, da sich diese Patienten von einem hörerhaltenden Eingriff am meisten versprechen könnten. Die Einteilung ist in Tab. 5 dargestellt.

*Tabelle 5 - Einteilung nach AAO-HNS-Klassifikation von Patienten, welche initial Hörklasse A oder B angehörten, mit einem WRS bei 65 dB SPL.*

<b>AAO-HNS-Klassifikation (WRS65)</b>	<b>prä OP</b>	<b>post OP</b>	<b>im Follow-Up</b>
A	64 (80%)	25 (31%)	28 (35%)
B	16 (20%)	15 (19%)	20 (25%)
C		1 (1%)	1 (1%)
D		39 (49%)	31 (39%)

*Legende: AAO-HNS = American Academy of Otolaryngology - Head and Neck Surgery Foundation - Klassifikation; post OP = postoperatives Hörvermögen; prä OP = präoperatives Hörvermögen; SPL = Sound Pressure Level/Schalldruckpegel; WRS65 = Word Recognition Score/Wortverständnis bei 65 dB SPL*

Bei diesem Patientenkollektiv errechnete sich direkt postoperativ ein Hörerhalt von 50% und im Follow-Up ein Hörerhalt von 60% (Tab. 5).

Des Weiteren wurden die Patienten in Klassen der GRC eingeteilt. Bei einem WRS von 65 dB SPL zeigte sich die Einteilung wie folgt (Tab. 6).

*Tabelle 6 - Einteilung nach GR-Klassifikation von allen Patienten mit einem WRS bei 65 dB SPL.*

<b>GR-Klassifikation (WRS65)</b>	<b>prä OP</b>	<b>post OP</b>	<b>im Follow-Up</b>
1	70 (67%)	28 (27%)	36 (34%)
2	10 (10%)	12 (11%)	14 (13%)
3	14 (13%)	19 (18%)	14 (13%)
4	2 (2%)	3 (3%)	2 (2%)
5	9 (9%)	43 (41%)	39 (37%)

*Legende: GR-Klassifikation = Gardner-Robertson-Klassifikation; post OP = postoperatives Hörvermögen; prä OP = präoperatives Hörvermögen; SPL = Sound Pressure Level/Schalldruckpegel; WRS65 = Word Recognition Score/Wortverständnis bei 65 dB SPL*

### 3 Ergebnisse

Der Hörerhalt postoperativ betrug somit bei der GRC 56% und verbesserte sich im Follow-Up auf 60% (Tab. 6). Bei dieser Einteilung wurden alle Patienten berücksichtigt, auch solche mit schlechtem Hörvermögen präoperativ. Von den 11 Patienten, die hier in Klasse 4 und 5 eingeteilt wurden, verbesserten sich im Follow-Up 2 in eine Klasse 1 bis 3 (18%).

Die restlichen 94 Patienten, die präoperativ den Klassen 1 bis 3 zugeordnet wurden, wurden noch separat postoperativ und im Follow-Up betrachtet (Tab. 7).

*Tabelle 7 - Einteilung nach GR-Klassifikation von Patienten, welche initial Hörklasse 1 bis 3 angehörten, mit einem WRS bei 65 dB SPL.*

<b>GR-Klassifikation (WRS65)</b>	<b>prä OP</b>	<b>post OP</b>	<b>im Follow-Up</b>
1	70 (74%)	28 (30%)	36 (38%)
2	10 (11%)	12 (13%)	14 (15%)
3	14 (15%)	17 (18%)	12 (13%)
4		3 (3%)	2 (2%)
5		34 (36%)	30 (32%)

*Legende: GR-Klassifikation = Gardner-Robertson-Klassifikation; post OP = postoperatives Hörvermögen; prä OP = präoperatives Hörvermögen; SPL = Sound Pressure Level/Schalldruckpegel; WRS65 = Word Recognition Score/Wortverständnis bei 65 dB SPL*

Der Hörerhalt der Patienten, die vor der Operation Teil der Klasse 1 bis 3 waren, lag somit postoperativ bei 61% wie in der AAO-HNS-Klassifikation und steigerte sich im Verlauf auf 66% (Tab. 7).

#### **3.2.2 Ergebnisse bei maximalem Word Recognition Score**

Für mehr Vergleichbarkeit mit nationalen und internationalen Studien und auch um herauszuarbeiten, welche Konstellation den mittelfristigen Hörerhalt am ehesten und frühesten widerspiegelt, erfolgte dann die erneute Einteilung der Patienten in die Hörklassifikationen nach AAO-HNS und GR, wobei nun der maximale Prozentwert des WRS, unabhängig davon bei welchem Schalldruckpegel er aufgezeichnet worden war, zur Zuweisung in die verschiedenen Klassen verwendet wurde.

Bei der AAO-HNS-Klassifikation zeigte sich die Einteilung wie in Tab. 8 dargestellt.



### 3 Ergebnisse

Tabelle 8 - Einteilung nach AAO-HNS-Klassifikation von allen Patienten bei maximalem WRS.

<b>AAO-HNS-Klassifikation (WRSmax)</b>	<b>prä OP</b>	<b>post OP</b>	<b>im Follow-Up</b>
A	65 (62%)	31 (30%)	34 (32%)
B	24 (23%)	23 (22%)	24 (23%)
C	4 (4%)	2 (2%)	0
D	12 (11%)	49 (47%)	47 (45%)

Legende: AAO-HNS = American Academy of Otolaryngology - Head and Neck Surgery Foundation - Klassifikation; post OP = postoperatives Hörvermögen; prä OP = präoperatives Hörvermögen; WRSmax = maximaler Word Recognition Score/Wortverständnis bei verschiedenen dB SPL

Der Hörerhalt direkt postoperativ belief sich auf 52% und verbesserte sich im Verlauf auf 55% (Tab. 8). Von den Patienten, die initial in der Klasse C oder D waren, verbesserten sich bei dieser Einteilung sogar 4 in die Klasse A oder B (25%).

Wiederum wurden die Patienten, die präoperativ Klasse A oder B waren, allein betrachtet (Tab. 9).

Tabelle 9 - Einteilung nach AAO-HNS-Klassifikation von Patienten, welche initial Hörklasse A oder B angehörten, bei maximalem WRS.

<b>AAO-HNS-Klassifikation (WRSmax)</b>	<b>prä OP</b>	<b>post OP</b>	<b>im Follow-Up</b>
A	65 (73%)	31 (35%)	33 (37%)
B	24 (27%)	21 (24%)	21 (24%)
C		2 (2%)	0
D		35 (39%)	35 (39%)

Legende: AAO-HNS = American Academy of Otolaryngology - Head and Neck Surgery Foundation - Klassifikation; post OP = postoperatives Hörvermögen; prä OP = präoperatives Hörvermögen; WRSmax = maximaler Word Recognition Score/Wortverständnis bei verschiedenen dB SPL

Der postoperative Hörerhalt war somit 59 % und im Follow-Up stieg er auf 61% (Tab. 9).

Parallel dazu erfolgte die Einteilung in die GRC. Die Einteilung stellte sich wie in Tab. 10 gezeigt dar.

### 3 Ergebnisse

Tabelle 10 - Einteilung nach GR-Klassifikation von allen Patienten bei maximalem WRS.

GR-Klassifikation (WRSmax)	prä OP	post OP	im Follow-Up
1	75 (71%)	42 (40%)	46 (44%)
2	16 (15%)	11 (10%)	13 (12%)
3	10 (10%)	10 (10%)	9 (9%)
4	0	2 (2%)	1 (1%)
5	4 (4%)	40 (38%)	36 (34%)

Legende: GR-Klassifikation = Gardner-Robertson-Klassifikation; post OP = postoperatives Hörvermögen; prä OP = präoperatives Hörvermögen; WRSmax = maximaler Word Recognition Score/Wortverständnis bei verschiedenen dB SPL

Der Hörerhalt postoperativ lag damit bei 60% und stieg im Follow-Up um 5% (Tab. 10). Keiner der Patienten, die präoperativ den Klassen 4 und 5 zugeteilt worden waren, verbesserten sich im Follow-Up in die Klasse 1 bis 3.

Die restlichen 101 Patienten der Klassen 1 bis 3 wurden wieder in die GRC eingeteilt. Diese Einteilung ist in Tab. 11 dargestellt.

Tabelle 11 - Einteilung nach GR-Klassifikation von Patienten, welche initial Hörklasse 1 bis 3 angehörten, bei maximalem WRS.

GR-Klassifikation (WRSmax)	prä OP	post OP	im Follow-Up
1	75 (74%)	42 (42%)	46 (46%)
2	16 (16%)	11 (11%)	13 (13%)
3	10 (10%)	10 (10%)	9 (9%)
4		2 (2%)	1 (1%)
5		36 (36%)	32 (32%)

Legende: GR-Klassifikation = Gardner-Robertson-Klassifikation; post OP = postoperatives Hörvermögen; prä OP = präoperatives Hörvermögen; WRSmax = maximaler Word Recognition Score/Wortverständnis bei verschiedenen dB SPL

Der Hörerhalt belief sich bei dieser Einteilung auf 63% direkt postoperativ und 68% im weiteren Verlauf (Tab. 11).

### 3.3 Auswirkungen des Tumors auf die Vestibularis-Funktion

#### 3.3.1 Subjektive Einschätzung

Präoperativ gaben 52 Patienten (50%) an, unter Schwindel zu leiden. Näher wurde dies nicht klassifiziert. Die restlichen 53 Patienten (50%) gaben an, dass kein Schwindel vorhanden wäre oder es maximal ein gelegentliches Unsicherheitsgefühl gäbe. Postoperativ veränderte sich das Ergebnis so, dass nun 58 Patienten über Schwindel klagten (55%) und 47 nicht (45%).

#### 3.3.2 Videonystagmographie

Bei 87 Patienten war vor dem Eingriff eine VNG mit Kalorik durchgeführt worden. Insgesamt konnte bei 31 Patienten der Befund eines SNY erhoben werden (36%). Bei 73 Patienten (84%) konnte auch eine Minderung der Funktion des lateralen Bogenganges auf der Seite des VS gemessen werden. Die mittlere Minderung betrug 39,3%. Postoperativ war nur noch bei 22 Patienten eine VNG mit Kalorik durchgeführt worden. Aufgrund der geringen Fallzahl wurden diese Befunde nicht weiter ausgewertet.

#### 3.3.3 Video-Kopf-Impuls-Test

Die VHIT-Untersuchung wurde präoperativ an 90 Patienten durchgeführt. Der Gain der Bogengänge der von einem VS betroffenen Seite des Patienten war wie folgt verteilt. In Tab. 12 sind die Ergebnisse der präoperativen VHIT-Untersuchungen dargestellt.

*Tabelle 12 - Ergebnisse der präoperativen Video Head Impulse Test (VHIT)-Untersuchung mit Einteilung nach Gain-Wert*

<b>präoperativ</b>	<b>normale Funktion (Gain 1-0,8)</b>	<b>geminderte Funktion (Gain &lt;0,8-0,5)</b>	<b>ausgefallene Funktion (Gain &lt;0,5)</b>
anteriorer Bogengang	73 (82%)	14 (16%)	2 (2%)
lateraler Bogengang	76 (84%)	9 (10%)	5 (6%)
posteriorer Bogengang	63 (70%)	23 (26%)	4 (4%)

### 3 Ergebnisse

Postoperativ wurde im Follow-Up nur bei 36 Patienten ein VHIT durchgeführt. Bei diesem kleineren Kollektiv zeigten sich folgende Ergebnisse, dargestellt in Tab. 13.

*Tabelle 13 - Ergebnisse der postoperativen Video Head Impulse Test (VHIT)-Untersuchung mit Einteilung nach Gain-Wert*

<b>postoperativ</b>	<b>normale Funktion (Gain 1-0,8)</b>	<b>geminderte Funktion (Gain &lt;0,8-0,5)</b>	<b>ausgefallene Funktion (Gain &lt;0,5)</b>
anteriorer Bogengang	3 (8%)	23 (64%)	10 (28%)
lateraler Bogengang	0 (0%)	5 (14%)	31 (86%)
posteriorer Bogengang	3 (8%)	14 (39%)	19 (53%)

#### **3.4 Hörrehabilitation mit Hörgeräten**

Bei der Vorstellung der Patienten vor der Operation wurde nur von 5 der 105 Patienten ein HG verwendet (5%). Postoperativ befanden sich 45 Patienten (43%) in verschiedenen Stadien der Hörrehabilitation mit einem HG, die am UKW oder bei ihrem niedergelassenen HNO-Arzt durchgeführt wurde. Zwei der Patienten waren entweder mit einem konservativen Knochenleitungshörgerät oder einem Knochenleitungs-CROS-HG ausgestattet. Diese beiden Patienten sind in der Ergebnisdarstellung im Weiteren nicht berücksichtigt.

##### **3.4.1 Rehabilitation mit konservativen Hörgeräten**

Insgesamt wurden in dieses Kollektiv 26 Patienten eingeschlossen, deren Hörrehabilitation mit konservativen Hörhilfen durchgeführt werden sollte. Zum Zeitpunkt der letzten Aktendurchsicht befanden sie sich in verschiedenen Stadien der Versorgung. 6 Patienten wurde ein HG verordnet, 3 Patienten trugen HG zur Probe, 2 Patienten erwarteten die HG-Abnahme und HG-Anpassung und 15 Patienten waren schon abschließend mit einem HdO- oder IO-HG versorgt. Die Altersspanne der HG-Träger lag bei 30 bis 75 Jahren und das mittlere Alter bei 55,7 Jahren.

Von 15 Patienten war postoperativ ein Sprachaudiogramm mit Versorgung erhoben worden. 3 davon waren schon vor dem Eingriff mit einem HG versorgt worden. 2 Patienten trugen postoperativ ein implantierbares HG. Für diese

### 3 Ergebnisse

Ergebnisse siehe Kapitel 3.4.2. Die weiteren 10 Patienten waren alle mit einem konservativen HG versorgt (Tab. 14).

*Tabelle 14 - Verlauf der sprachaudiometrischen Befunde (WRS in Prozent) der 10 Patienten mit postoperativer, konservativer Hörgeräteversorgung. Wurde bei den Patienten nur bei höheren Schalldruckpegeln als 65 und 80 dB SPL einsilbige Wörter wahrgenommen, so wurde in der vorliegenden Tabelle das Feld mit einem „X“ markiert.*

	65 dB		80 dB			65 dB		80 dB			65 dB		80 dB	
	65 dB	80 dB	65 dB	80 dB		65 dB	80 dB	65 dB	80 dB		65 dB	80 dB		
<b>Sprachaudiometrie prä OP</b>	X	X	X	X	<b>Sprachaudiometrie post OP</b>	X	X	X	X	<b>Sprachaudiometrie im Follow-Up</b>	X	X	X	X
	100		50	65		85	100	40	70					
	95		X	X		X	X	90	95					
	40	55	30	50		65	85	5	20					
	50	90	55	60		55	90	50	70					
	80	100	X	45		X	70	90	95					
	100		100	X		X	X	80	100					
	100		X	X		X	35	35	65					
	70	95	X	80		25	65	70	80					
	X	X	20	55		X	50	65	85					
							50	70						

*Legende: SPL = Sound Pressure Level/Schalldruckpegel; WRS = Word Recognition Score/Wortverständnis*

Im Vergleich zum direkt postoperativen Hörvermögen, hörten alle Patienten mit der Versorgung besser. Bei 5 Patienten gab es während des Follow-Ups eine Verbesserung des Wortverständnisses, bei 3 verschlechterte sich dieses. Die durchschnittliche Verbesserung des Sprachaudiogramms im Follow-Up ohne Versorgung und mit Versorgung lag bei 65 dB SPL bei 40% und bei 80 dB bei 30%. Bei einem Patienten lag laut Sprachaudiometrie eine Verschlechterung des Wortverständnisses mit Versorgung bei beiden Schalldruckpegeln um 15% vor. Zwei Patienten konnten sich von keinem Sprachverstehen präoperativ bei 65 dB auf 40-50% steigern (Tab. 14). Für die in Tabelle 14 aufgeführten Patienten ergab sich ohne HG-Versorgung die in Tab. 15 berichtete Klassifizierung nach AAO-HNS.

### 3 Ergebnisse

*Tabelle 15 - Einteilung der Patienten mit postoperativer, konservativer Hörgeräteversorgung nach der AAO-HNS-Klassifikation bei maximalem WRS.*

<b>AAO-HNS-Klassifikation (WRSmax)</b>	<b>prä OP</b>	<b>post OP</b>	<b>im Follow-Up</b>
A	5 (50%)	1 (10%)	2 (20%)
B	3 (30%)	4 (40%)	5 (50%)
C	1 (10%)	2 (20%)	0
D	1 (10%)	3 (30%)	3 (30%)

*Legende: AAO-HNS = American Academy of Otolaryngology - Head and Neck Surgery Foundation - Klassifikation; post OP = postoperatives Hörvermögen; prä OP = präoperatives Hörvermögen; WRSmax = maximaler Word Recognition Score/Wortverständnis bei verschiedenen dB SPL*

Ohne Versorgung zeigte sich im Verlauf der Behandlung bei diesen Patienten die folgende Einteilung in die Hörklassen (Tab. 15): 3 der postoperativ versorgten Patienten verbesserten ihre Hörklassifikation mit der Operation, 3 verblieben in ihrer Gruppe und 4 verschlechterten sich. Nur 3 der Patienten waren schließlich Hörkategorie D, während die restlichen 7 Klasse A oder B angehörten.

Im Gegensatz zu diesen 10 Patienten, gab es andere, welche sich direkt gegen eine Versorgung mit einem HG aussprachen. Postoperativ waren noch 60 unversorgt (57%), wobei von diesen Patienten 9 die Versorgung klar ablehnten (15%). Die Altersspanne dieser 9 Patienten lag zwischen 32 und 58 Jahren, sie waren durchschnittlich 51 Jahre alt.

*Tabelle 16 - Verlauf der sprachaudiometrischen Befunde der Patienten, die eine postoperative, konservative Hörgeräteversorgung ablehnten. Wurde bei den Patienten nur bei höheren*

### 3 Ergebnisse

Schalldruckpegeln als 65 und 80 dB SPL einsilbige Wörter wahrgenommen, so wurde in der vorliegenden Tabelle das Feld mit einem „X“ markiert.

Sprachaudiometrie prä OP	65 dB	80 dB	Sprachaudiometrie post OP	65 dB	80 dB	Sprachaudiometrie im Follow-Up	65 dB	80 dB
	95			X	X		X	X
	60	75		35	85		85	80
	100			85	95		80	90
	95			X	10		80	95
	90	100		65	75		95	
	90	100		X	X		X	X
	95	100		X	X		X	35
	X	45		X	X		X	X
95		X	X	X	X			

Legende: SPL = Sound Pressure Level/Schalldruckpegel; WRS = Word Recognition Score/Wortverständnis

Tabelle 17 - Einteilung der Patienten, die eine postoperative, konservative Hörgeräteversorgung ablehnten, nach der AAO-HNS-Klassifikation bei maximalem WRS.

AAO-HNS-Klassifikation (WRSmax)	prä OP	post OP	im Follow-Up
A	6 (67%)	1 (11%)	1(11%)
B	2 (22%)	2 (22%)	3 (33%)
C	0	0	0
D	1 (11%)	6 (67%)	5 (56%)

Legende: AAO-HNS = American Academy of Otolaryngology - Head and Neck Surgery Foundation - Klassifikation; post OP = postoperatives Hörvermögen; prä OP = präoperatives Hörvermögen; WRSmax = maximaler Word Recognition Score/Wortverständnis bei verschiedenen dB SPL

Von diesen Patienten hatten alle vor der Operation ein gewisses Sprachverstehen (Tab. 16). Präoperativ waren 8 von diesen 9 (89%) in Klassen A oder B. Direkt postoperativ waren es nur noch 3 (33%), im Verlauf verbesserte sich ein Patient jedoch und noch 5 konnten AAO-HNS-Klasse D zugewiesen werden (Tab. 17). Das Durchschnittsalter dieser 5 Personen lag bei 46,8 Jahre (32-57 Jahre). Während bei der Betrachtung der sprachaudiometrischen Befunde (Tab. 16) bei den 4 Personen mit gutem Hörvermögen auch im Verlauf des Follow-Ups eine deutliche Verbesserung erkannt werden konnte, so war dies bei

## 3 Ergebnisse

den restlichen 5 nicht zu erkennen, dennoch lehnten sie weiterhin eine Versorgung mit HG konsequent ab.

### **3.4.2 (Bi-)CROS- und implantierbare Hörgeräte**

Eine Versorgung mit einem BiCROS- oder CROS-System sollte bei 15 Patienten postoperativ durchgeführt werden. Auch hier gab es Patienten in verschiedenen Stadien der Rehabilitation. Die Auswertung ergab folgendes Bild: Ein Patient hatte eine BiCROS-HG-Verordnung erhalten, 3 Patienten eine Verordnung für CROS-HG, ein weiterer befand sich in einem CROS-HG-Trageversuch. Definitiv versorgt waren 2 Patienten mit BiCROS-HG und 8 mit CROS-HG. Das durchschnittliche Alter der Patienten mit einer schon erfolgten oder geplanten (Bi-)CROS-Versorgung lag bei 54,7 Jahren. Die Altersspanne reichte von 43 bis 62 Jahren.

Zwei der Patienten wurden mit implantierbaren HG versorgt, ein Patient mit einem BAHA und einer mit einem CI.

Der Patient mit dem CI wurde genauer betrachtet. Nach der VS-Exstirpation wurde ein BiCROS-Trageversuch durchgeführt, der jedoch nicht den gewünschten Erfolg brachte. Der Patient entschied sich für die CI-Versorgung. Im Laufe der Therapie und nach Reimplantation wurde das Hörergebnis subjektiv vom Patienten als zufriedenstellend beurteilt. Die postoperative Surditas konnte behandelt werden und im Freiburger-Einsilbertest wurde ein Verständnis von bis zu 60% bei 65 dB SPL erzielt.

## **3.5 Korrelationen**

### **3.5.1 Einteilung nach Hörklassifikationen**

Es wurde untersucht, ob das Alter zum Zeitpunkt der Operation mit den Einteilungen in die Hörklassifikationen korrelierte. Die Ergebnisse sind in Tab. 18 zusammengetragen.



### 3 Ergebnisse

Tabelle 18 - Korrelation des Alters zum Zeitpunkt der Operation mit den Ergebnissen der Einteilungen nach AAO-HNS und GRC. Signifikante Korrelationen fett und kursiv markiert.

Alter zu Einteilung in Hör-klassifikation	prä OP (WRS65)	post OP (WRS65)	im Follow-Up (WRS65)	prä OP (WRSmax)	post OP (WRSmax)	im Follow-Up (WRSmax)
Alter zu <b>AAO-HNS</b>	<b><i>r = 0,332</i></b> <b><i>p &lt; 0,001</i></b>	r = 0,081 p = 0,411	r = 0,133 p = 0,178	<b><i>r = 0,342</i></b> <b><i>p &lt; 0,001</i></b>	r = 0,145 p = 0,139	r = 0,093 p = 0,347
Alter zu <b>GRC</b>	<b><i>r = 0,308</i></b> <b><i>p = 0,001</i></b>	r = 0,115 p = 0,241	r = 0,144 p = 0,142	<b><i>r = 0,252</i></b> <b><i>p = 0,010</i></b>	r = 0,094 p = 0,338	r = 0,128 p = 0,194

Legende: AAO-HNS = American Academy of Otolaryngology - Head and Neck Surgery Foundation - Klassifikation; GRC = Gardner-Robertson-Klassifikation; post OP = postoperatives Hörvermögen; prä OP = präoperatives Hörvermögen; WRSmax = maximaler Word Recognition Score/Wortverständnis bei verschiedenen dB SPL; WRS65 = Word Recognition Score/Wortverständnis bei 65 dB SPL

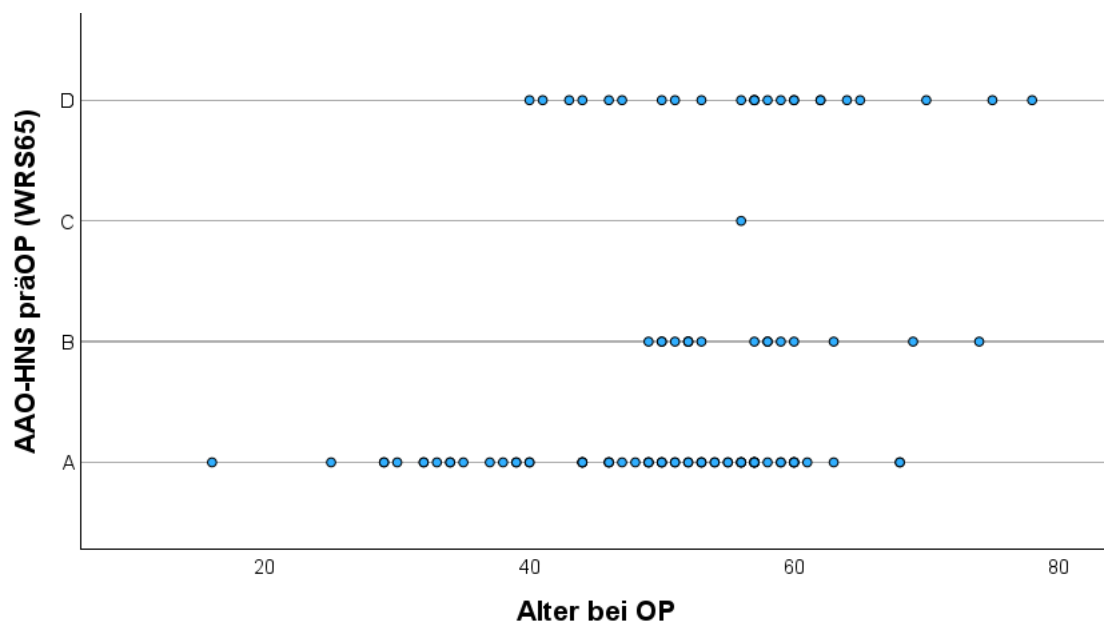


Abbildung 8 - Streudiagramm von AAO-HNS-Klasse präoperativ mit einem WRS bei 65 dB SPL und dem Alter zum Zeitpunkt der Operation

Legende: AAO-HNS = American Academy of Otolaryngology - Head and Neck Surgery Foundation - Klassifikation; OP = Operation; prä OP = präoperatives Hörvermögen; WRS65 = Word Recognition Score/Wortverständnis bei 65 dB SPL

### 3 Ergebnisse

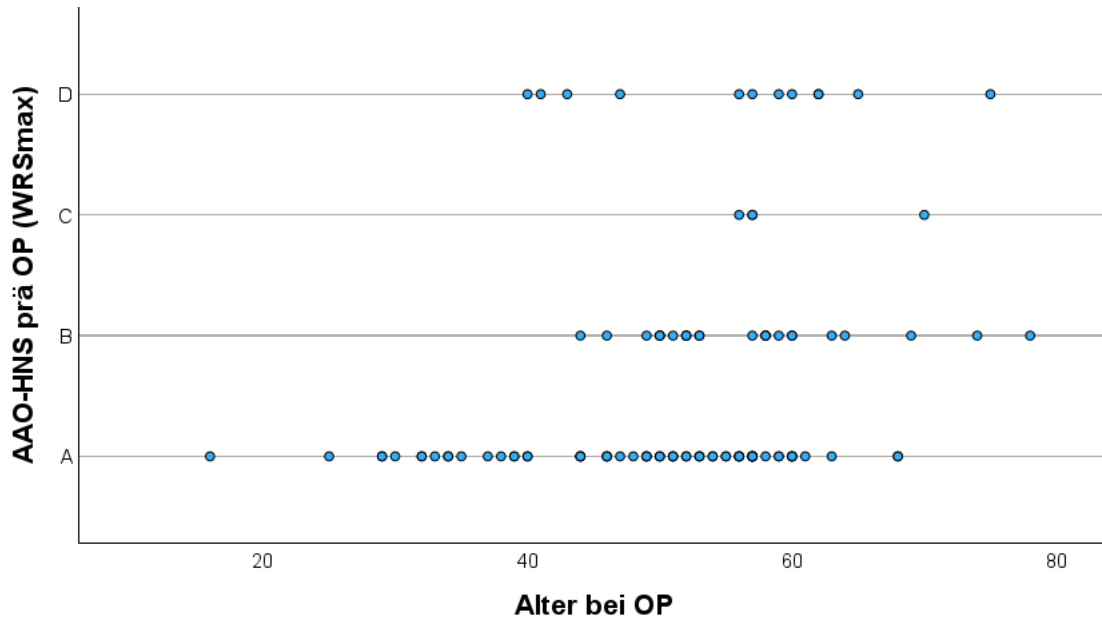


Abbildung 9 - Streudiagramm von AAO-HNS-Klasse präoperativ bei maximalem WRS und dem Alter zum Zeitpunkt der Operation

Legende: AAO-HNS = American Academy of Otolaryngology - Head and Neck Surgery Foundation - Klassifikation; OP = Operation; prä OP = präoperatives Hörvermögen; WRSmax = maximaler Word Recognition Score/Wortverständnis bei verschiedenen dB SPL

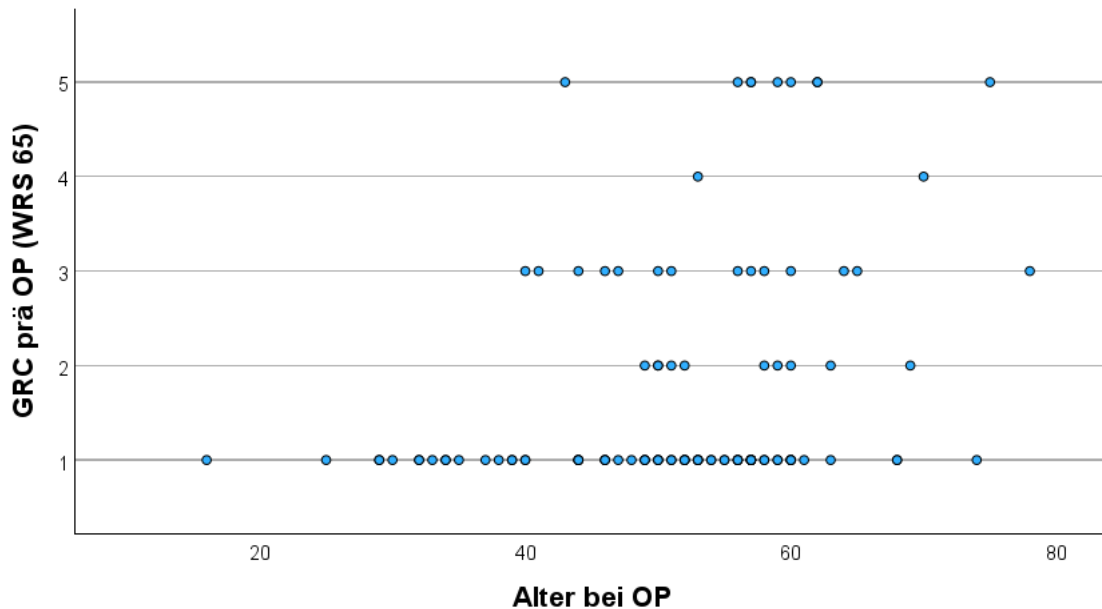


Abbildung 10 - Streudiagramm von GR-Klasse präoperativ mit einem WRS bei 65 dB SPL und dem Alter zum Zeitpunkt der Operation

Legende: GRC = Gardner-Robertson-Klassifikation; OP = Operation; prä OP = präoperatives Hörvermögen; WRS65 = Word Recognition Score/Wortverständnis bei 65 dB SPL

### 3 Ergebnisse

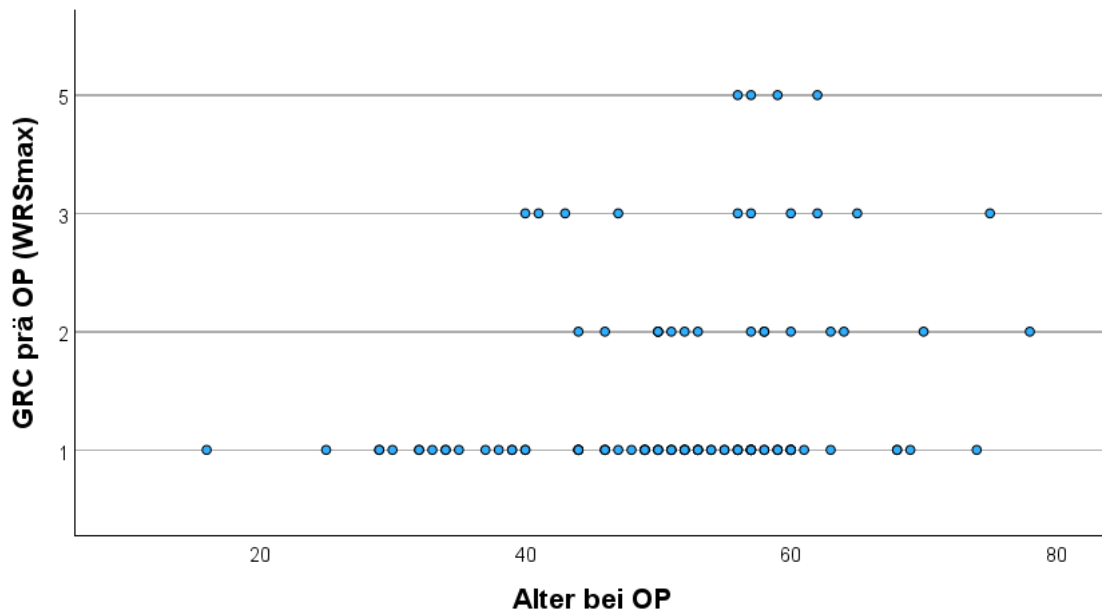


Abbildung 11 - Streudiagramm von GR-Klasse präoperativ bei maximalem WRS und dem Alter zum Zeitpunkt der Operation

Legende: GRC = Gardner-Robertson-Klassifikation; OP = Operation; prä OP = präoperatives Hörvermögen; WRSmax = maximaler Word Recognition Score/Wortverständnis bei verschiedenen dB SPL

Ein höheres Alter bedeutete eine höhere Hörklasse, welche schlechteres Hören klassifizierte (Abb. 8-11). Es zeigten sich signifikante Korrelationen zwischen einem höheren Alter zum Zeitpunkt der Operation und der Einteilung in höhere Hörklassen in beiden Klassifikationen präoperativ. Postoperativ wurden keine Korrelationen festgestellt. Die Korrelationen zeigten einen mittleren positiven Zusammenhang nach Cohen.

Untersucht wurde auch, ob die präoperative Einteilung in eine bestimmte Hörklasse mit der postoperativen Einteilung korrelierte. Dies wurde für die AAO-HNS-Klassifikation (Tab. 19) und für die GR-Klassifikation (Tab. 20) gezeigt.

### 3 Ergebnisse

Tabelle 19 - Korrelation der präoperativen Ergebnisse der Einteilung nach AAO-HNS mit den postoperativen. Signifikante Korrelationen fett und kursiv markiert.

Einteilung in Hör-klassifikation - AAO-HNS -	prä OP (WRS65)	post OP (WRS65)	im Follow-Up (WRS65)	prä OP (WRSmax)	post OP (WRSmax)	im Follow-Up (WRSmax)
prä OP (WRS65)	-	<i><b><math>r = 0,497</math></b></i> <i><b><math>p &lt; 0,001</math></b></i>	<i><b><math>r = 0,469</math></b></i> <i><b><math>p &lt; 0,001</math></b></i>	-	-	-
prä OP (WRSmax)	-	-	-	-	<i><b><math>r = 0,489</math></b></i> <i><b><math>p &lt; 0,001</math></b></i>	<i><b><math>r = 0,422</math></b></i> <i><b><math>p &lt; 0,001</math></b></i>

Legende: AAO-HNS = American Academy of Otolaryngology - Head and Neck Surgery Foundation - Klassifikation; post OP = postoperatives Hörvermögen; prä OP = präoperatives Hörvermögen; WRSmax = maximaler Word Recognition Score/Wortverständnis bei verschiedenen dB SPL; WRS65 = Word Recognition Score/Wortverständnis bei 65 dB SPL

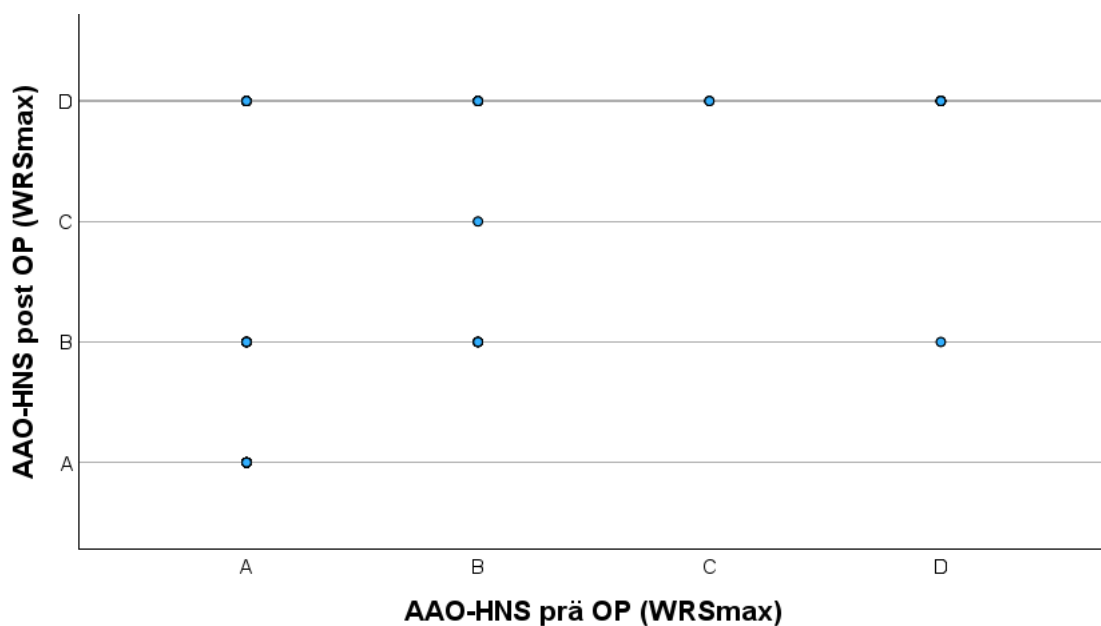


Abbildung 12 - Streudiagramm von AAO-HNS-Klasse postoperativ und präoperativ bei maximalem WRS

Legende: AAO-HNS = American Academy of Otolaryngology - Head and Neck Surgery Foundation - Klassifikation; post OP = postoperatives Hörvermögen; prä OP = präoperatives Hörvermögen; WRSmax = maximaler Word Recognition Score/Wortverständnis bei verschiedenen dB SPL

### 3 Ergebnisse

Tabelle 20 - Korrelation der präoperativen Ergebnisse der Einteilung nach GRC mit den postoperativen. Signifikante Korrelationen fett und kursiv markiert.

Einteilung in Hör-klassifikation - GRC -	prä OP (WRS65)	post OP (WRS65)	im Follow-Up (WRS65)	prä OP (WRSmax)	post OP (WRSmax)	im Follow-Up (WRSmax)
prä OP (WRS65)	-	<b><i>r = 0,476</i></b> <b><i>p &lt; 0,001</i></b>	<b><i>r = 0,444</i></b> <b><i>p &lt; 0,001</i></b>	-	-	-
prä OP (WRSmax)	-	-	-	-	<b><i>r = 0,511</i></b> <b><i>p &lt; 0,001</i></b>	<b><i>r = 0,442</i></b> <b><i>p &lt; 0,001</i></b>

Legende: GRC = Gardner-Robertson-Klassifikation; post OP = postoperatives Hörvermögen; prä OP = präoperatives Hörvermögen; WRSmax = maximaler Word Recognition Score/Wortverständnis bei verschiedenen dB SPL; WRS65 = Word Recognition Score/Wortverständnis bei 65 dB SPL

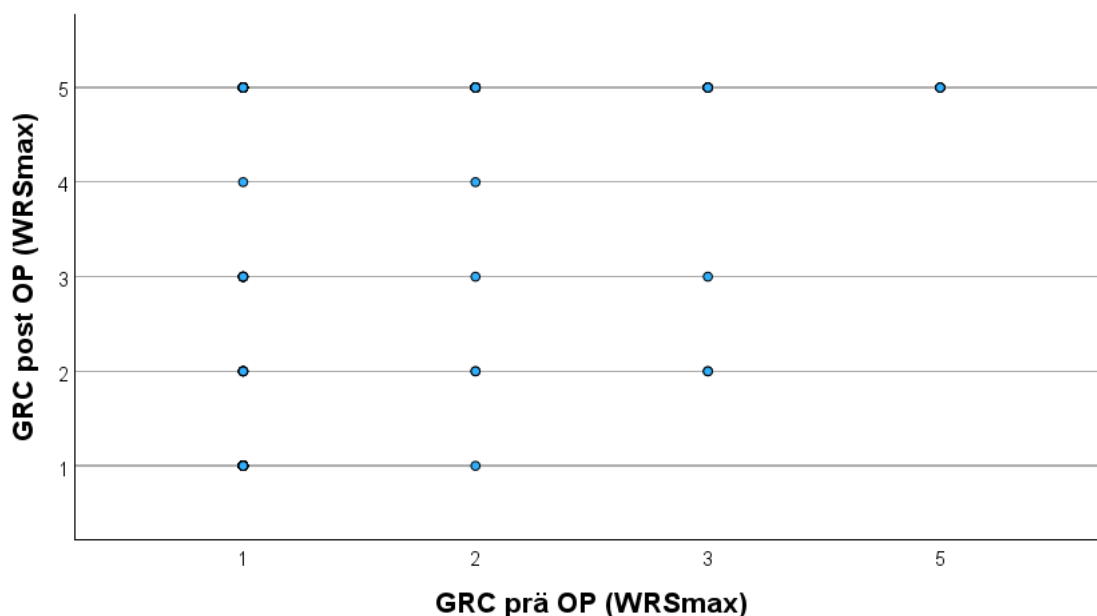


Abbildung 13 - Streudiagramm von GR-Klasse postoperativ und präoperativ bei maximalem WRS

Legende: GRC = Gardner-Robertson-Klassifikation; post OP = postoperatives Hörvermögen; prä OP = präoperatives Hörvermögen; WRSmax = maximaler Word Recognition Score/Wortverständnis bei verschiedenen dB SPL

Es zeigte sich bei beiden Hörklassifikationen und beiden WRS-Einteilungen immer signifikante Korrelationen zwischen der Einteilung in die präoperative Hörklasse und der Einteilung nach der Operation (Abb. 12, 13). Eine Einteilung in eine niedrigere Hörklasse präoperativ ging mit einer Einteilung in eine

### 3 Ergebnisse

niedrigere Hörklasse postoperativ und im Follow-Up einher. Ein besseres Hörvermögen präoperativ korrelierte also mit einem besseren Hörvermögen postoperativ. Es zeigten sich bei den Korrelationen ein mittlerer bis starker positiver Zusammenhang nach Cohen.

#### 3.5.2 VHIT-Einteilungen

Es zeigten sich auch Korrelationen mit den Ergebnissen der VHIT-Einteilung. So ergab sich eine signifikante Korrelation der Funktion des posterioren Bogenganges mit dem Alter (Tab. 21).

Tabelle 21 - Korrelation des Alters zum Zeitpunkt der Operation mit den Ergebnissen der Einteilungen des VHIT-Ergebnisses. Signifikante Korrelationen fett und kursiv markiert.

Alter zu präoperative VHIT-Einteilung	Funktion anteriorer Bogengang	Funktion lateraler Bogengang	Funktion posteriorer Bogengang
Alter bei Operation	$r = -0,119$ $p = 0,263$	$r = -0.039$ $p = 0,718$	<b><math>r = -0,295</math></b> <b><math>p = 0,005</math></b>

Legende: VHIT = Video Head Impulse Test/Video Kopf Impuls Test

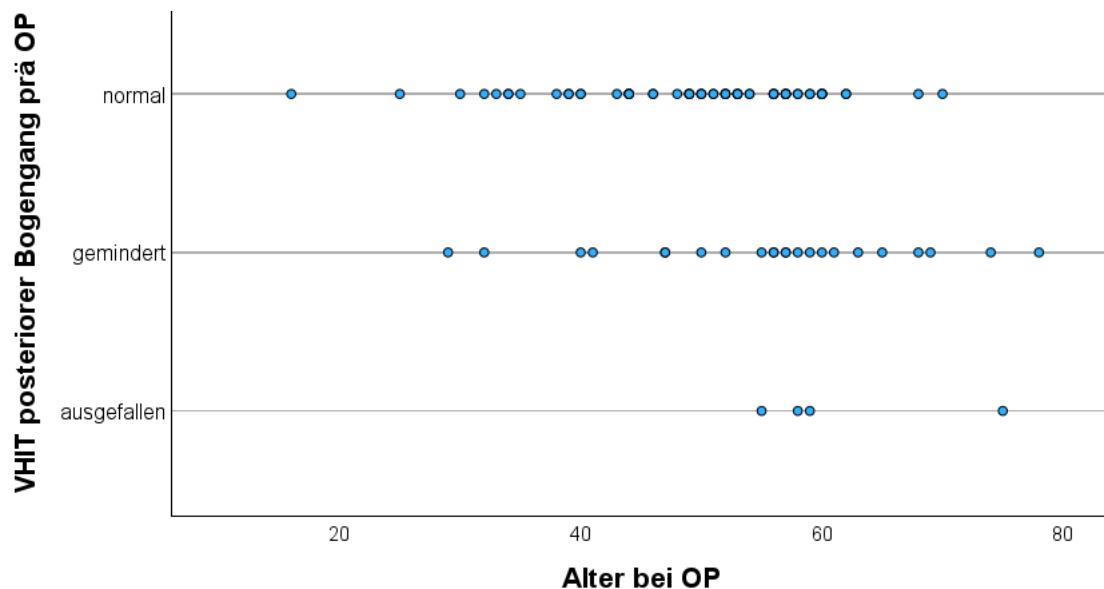


Abbildung 14 - Streudiagramm von präoperativer Funktion des posterioren Bogenganges und dem Alter zum Zeitpunkt der Operation

Legende: OP = Operation; VHIT = Video Head Impulse Test/Video Kopf Impuls Test

### 3 Ergebnisse

Ein höheres Alter ging mit einer verminderten Funktion des posterioren Bogenganges einher (Abb.14). Die Korrelation zeigte einen mittleren negativen Zusammenhang.

Weiterhin wurde der Zusammenhang zwischen der präoperativen Funktion der Bogengänge (eingeteilt nach den VHIT-Ergebnissen) und der Einteilung der Patienten in die Hörklassifikationen untersucht.

Hier zeigten sich verschiedene signifikante Korrelationen mit Ergebnissen der AAO-HNS-Einteilung (Tab. 22).

*Tabelle 22 - Korrelation der präoperativen Funktion der Bogengänge mit den Ergebnissen der Einteilungen nach AAO-HNS. Signifikante Korrelationen fett und kursiv markiert.*

präoperative VHIT-Einteilung zu Einteilung in Hörklassifikation <b>- AAO-HNS -</b>	prä OP (WRS65)	post OP (WRS65)	im Follow-Up (WRS65)	prä OP (WRSmax)	post OP (WRSmax)	im Follow-Up (WRSmax)
<b>Funktion anteriorer Bogengang</b>	$r = -0,187$ $p = 0,077$	$r = -0,090$ $p = 0,397$	$r = -0,057$ $p = 0,592$	<b><math>r = -0,229</math></b> <b><math>p = 0,030</math></b>	$r = -0,048$ $p = 0,654$	$r = 0,060$ $p = 0,572$
<b>Funktion lateraler Bogengang</b>	<b><math>r = -0,265</math></b> <b><math>p = 0,012</math></b>	<b><math>r = -0,230</math></b> <b><math>p = 0,029</math></b>	<b><math>r = -0,217</math></b> <b><math>p = 0,040</math></b>	<b><math>r = -0,295</math></b> <b><math>p = 0,005</math></b>	<b><math>r = -0,251</math></b> <b><math>p = 0,017</math></b>	$r = -0,195$ $p = 0,066$
<b>Funktion posteriorer Bogengang</b>	<b><math>r = -0,320</math></b> <b><math>p = 0,002</math></b>	$r = -0,181$ $p = 0,087$	$r = -0,135$ $p = 0,206$	<b><math>r = -0,372</math></b> <b><math>p &lt; 0,001</math></b>	<b><math>r = -0,240</math></b> <b><math>p = 0,023</math></b>	$r = -0,094$ $p = 0,378$

*Legende: AAO-HNS = American Academy of Otolaryngology - Head and Neck Surgery Foundation - Klassifikation; post OP = postoperatives Hörvermögen; prä OP = präoperatives Hörvermögen; VHIT = Video Head Impulse Test/Video Kopf Impulse Test; WRSmax = maximaler Word Recognition Score/Wortverständnis bei verschiedenen dB SPL; WRS65 = Word Recognition Score/Wortverständnis bei 65 dB SPL*

Es zeigten sich auch Korrelationen mit Ergebnissen der Einteilung nach GR-Klassifikation (Tab. 23).

### 3 Ergebnisse

Tabelle 23 - Korrelation der präoperativen Funktion der Bogengänge mit den Ergebnissen der Einteilungen nach GRC. Signifikante Korrelationen fett und kursiv markiert.

präoperative VHIT-Einteilung zu Einteilung in Hörklassifikation <b>- GRC -</b>	prä OP (WRS65)	post OP (WRS65)	im Follow-Up (WRS65)	prä OP (WRSmax)	post OP (WRSmax)	im Follow-Up (WRSmax)
<b>Funktion anteriorer Bogengang</b>	r = -0,110 p = 0,303	r = -0,013 p = 0,901	r = -0,045 p = 0,671	r = -0,130 p = 0,221	r = -0,052 p = 0,626	r = 0,008 p = 0,943
<b>Funktion lateral Bogengang</b>	<b><i>r = -0,213</i></b> <b><i>p = 0,044</i></b>	<b><i>r = -0,244</i></b> <b><i>p = 0,020</i></b>	<b><i>r = -0,207</i></b> <b><i>p = 0,050</i></b>	<b><i>r = -0,292</i></b> <b><i>p = 0,005</i></b>	<b><i>r = -0,264</i></b> <b><i>p = 0,012</i></b>	r = -0,205 p = 0,052
<b>Funktion posteriorer Bogengang</b>	<b><i>r = -0,290</i></b> <b><i>p = 0,006</i></b>	r = -0,172 p = 0,105	r = -0,138 p = 0,195	<b><i>r = -0,306</i></b> <b><i>p = 0,003</i></b>	r = -0,181 p = 0,087	r = -0,104 p = 0,331

Legende: GRC = Gardner-Robertson-Klassifikation; post OP = postoperatives Hörvermögen; prä OP = präoperatives Hörvermögen; VHIT = Video Head Impulse Test/Video Kopf Impuls Test; WRSmax = maximaler Word Recognition Score/Wortverständnis bei verschiedenen dB SPL; WRS65 = Word Recognition Score/Wortverständnis bei 65 dB SPL

Eine bessere präoperative Funktion der Bogengänge nach Einteilung der VHIT-Ergebnisse ging mit einer besseren Einteilung der Patienten in die Hörklassifikationen einher. Vor allem die Funktion des lateralen Bogenganges war hier auffällig und auch die des posterioren. Eine bessere Einteilung der Funktion des posterioren Bogenganges ging in beiden Hörklassifikationen mit einer besseren also niedrigeren Einteilung präoperativ einher. Die Korrelationen zeigten schwache bis mittelstarke negative Zusammenhänge.



## 4 Diskussion

### 4.1 Hörerhalt

Die Spanne der Behandlungsmöglichkeiten eines VS reicht von einer regelmäßigen Überwachung durch radiologische Diagnostik über die stereotaktische Bestrahlung des Tumors bis hin zu seiner chirurgischen Sanierung über verschiedene Zugangswege. Diverse Einflussfaktoren wie Alter oder Hörvermögen des Patienten sowie Größe und Lage des Tumors spielen eine wesentliche Rolle bei der Wahl der Behandlung durch Arzt und Patient. Auch die persönlichen Erfahrungen haben erheblichen Einfluss auf die Entscheidung. Vorteile der operativen Tumorentfernung über einen hörerhaltenden, transtemporalen Zugang sind zum einen geringe Komplikationsraten und der namensgebende Hörerhalt, der bei einem Großteil der Patienten erreicht werden kann, und zum anderen, dass durch den Erhalt des Hörnervens und der Cochlea bei zahlreichen Patienten anschließend die Möglichkeit einer Versorgung mit einem Cochlea-Implantat bestehen bleibt.

Insgesamt ist festzuhalten, dass es schwierig ist, die vorangegangenen Studien zum Hörerhalt nach einer Operation zu vergleichen, da es viele Punkte gibt, die zu einem unterschiedlichen Outcome führen können. So können zum Beispiel die Kriterien, die einen Patienten für eine Operation qualifizieren, an verschiedenen Einrichtungen und bei diversen Studiendesigns variieren. Auch die Definition eines präoperativ erhaltenswerten oder postoperativ noch erhaltenen Hörvermögens kann divergieren, sowie die Einteilungen, nach denen das Hörvermögen klassifiziert wird. Ein weiteres Problem fällt beim Vergleich der Literatur auf: Zum Teil wird nur ein eingeschränktes oder unvollständiges Follow-Up für die Schlussfolgerung einer Studienfrage herangezogen. Die im Folgenden verglichenen Studien wiesen alle, wenn nicht anders erwähnt, eine Einteilung ihrer Ergebnisse nach der AAO-HNS Klassifikation auf. Dabei muss darauf hingewiesen werden, dass nicht in allen Publikationen die Klassifikationen nach den ehemals aufgestellten Kriterien verwendet wurden. So kam es oft zu kleinen

## 4 Diskussion

Änderungen bzgl. der Frequenzen, mit denen der PTA ausgewertet wurde, oder es wurde mit einer unklaren Definition des WRS klassifiziert.

Der natürliche Verlauf einer Erkrankung mit VS ist heute schwer vorherzusagen, da es viele Möglichkeiten zur Intervention gibt. In einer amerikanischen Studie von Charabi et al. wurden sogar Patienten untersucht, die am VS verstarben. Die Erkrankung sollte nicht unterschätzt werden. Der Tumor wächst im natürlichen Verlauf stetig. Mit zunehmender Tumorgöße steigt auch die perioperative Morbidität sowie der Anteil an Patienten, die kein erhaltenswertes Hörvermögen mehr haben und operiert werden sollen. Im Verlauf dieser Studie verloren 89% der Patienten, die ursprünglich die Möglichkeit einer hörerhaltenden Operation hatten, diese durch das Tumorwachstum, den zunehmenden Hörverlust oder durch beides. (Charabi et al., 2000)

Bei einem Teil dieser Patienten hätte möglicherweise das Hörvermögen mit einer frühzeitigen Operation erhalten werden können.

Auch Caye-Thomasen et al. zeigten: Je länger mit einer hörerhaltenden Operation gewartet wurde, desto mehr Patienten wiesen kein erhaltenswertes Hören mehr auf. Durch eine frühzeitige Operation bestünden höhere Chancen, das Hörvermögen zu erhalten. Es konnte keine Korrelation zwischen einem möglichen Hörverlust und der Größe des Tumors gefunden werden. Das Hörvermögen nahm auf der Seite des VS stärker ab als auf dem kontralateralen, gesunden Ohr. Ein Grund für diesen Hörverlust ist der Druck des Tumors auf den N. cochlearis, wobei größere und schneller wachsende Tumoren z.T. mehr Druck ausüben. Dadurch kommt es vermehrt zu Schäden am Nerv. Als weitere mögliche Gründe wurden eine vaskuläre Kompression mit dem Verlust von inneren Haarzellen und eine geänderte Zusammensetzung der Peri- und Endolymphe genannt. Die Autoren empfehlen eine zeitnahe Operation bei Patienten mit gutem Hörvermögen im tumorfreien Ohr und einem WRS >70%. (Caye-Thomasen et al., 2007)

Diese beiden Grundlagen-Studien zeigen eindeutig auf, dass es im natürlichen Verlauf der Erkrankung zu einer Verschlechterung bzw. einem Verlust des

## 4 Diskussion

Hörvermögens kommt. Dies muss dem Patienten klar kommuniziert werden. Ein Eingriff über den hörerhaltenden Zugang kann dem entgegenwirken.

In vielen Studien wurde der Hörerhalt über den transtemporalen Zugang untersucht und jede Einrichtung sollte hierzu Forschung betreiben, um ihren Patienten aufzuzeigen, welche Chancen auf einen Hörerhalt bestehen.

An der Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkrankheiten, plastische und ästhetische Operationen der Universität Würzburg, in der die Patienten der vorliegenden Arbeit behandelt wurden, wurden in den letzten Jahrzehnten konstant gute Ergebnisse bei der Operation über den transtemporalen Zugang erzielt. 2017 wurden von Scheich et. al zwar keine signifikanten Prädiktoren für einen Hörerhalt gefunden, es konnte jedoch ein postoperativer Hörerhalt von 65% beschrieben werden. Zwei Patienten konnten sich postoperativ in der AAO-HNS-Klassifikation von C oder D auf A oder B verbessern (Scheich et al., 2017). Und auch schon Jahre vorher zeigten Ginzkey et al. einen Hörerhalt von 74% nach dem Eingriff über den transtemporalen Zugang. Zwei Patienten konnten sich postoperativ von C oder D auf A oder B verbessern. Es gab einen signifikanten Einfluss des präoperativen Hörvermögens auf das postoperative ( $p < 0.001$ ). Je besser ein Patient vor der Operation hören konnte, desto besser war das postoperative Hörvermögen. Dieser Zusammenhang wurde auch in der vorliegenden Arbeit nachgewiesen. Weitere Prädiktoren wurden nicht gefunden. Auch die VNGs wurden als Prädiktoren geprüft, doch auch hier gab es keinen signifikanten Einfluss auf das postoperative Hörvermögen (Ginzkey et al., 2013). Die in der vorliegenden Arbeit erhobenen Ergebnisse des Hörerhalts von ca. 60% nach AAO-HNS bestätigen die eben genannten, stets guten Ergebnisse.

Die genannten Studien gliedern sich auch gut in weitere nationale und internationale Arbeiten ein. Die Quote des Hörerhalts schwankt hier zwischen 32% und 82%, wie im Weiteren erläutert wird (Tab. 25).

In verschiedenen anderen Studien konnten Prädiktoren für ein besseres postoperatives Hörvermögen nachgewiesen werden, z.B. bei Meyer et. al. Es wurde eine signifikante Korrelation zwischen der Tumorgröße und dem

## 4 Diskussion

postoperativen Hörvermögen gefunden ( $p=0.014$ ). Je größer der Tumor war, desto schlechter war die Chance auf einen Hörerhalt. Der Hörerhalt lag in dieser Studienpopulation bei 57.2%. 9 Patienten verbesserten sich postoperativ von Hörklasse B bis D auf A. Auch in der Studienpopulation der vorliegenden Arbeit verbesserten sich 12 bis 25% (je nach Hörklassifikation) der Patienten von Klasse C oder D (AAO-HNS) bzw. 4 oder 5 (GRC) auf A oder B bzw. 1 bis 3. Sollte also vielleicht auch bei Patienten mit schlechtem Hörvermögen präoperativ ein Versuch der hörerhaltenden Operation gewagt werden? Das bleibt weiter zu untersuchen.

Meyer et al. schließen aus ihren Ergebnissen, dass bei einer hörerhaltenden Operation von Patienten mit kleinem Tumor und präoperativ gutem Hörvermögen ( $WRS \geq 70\%$ ) die Möglichkeiten zur kompletten Tumorentfernung, dem Funktionserhalt des N. facialis und eines Hörerhalts gut sind. Untersucher sind durch das frühere Erkennen eines VS auch in der Lage, das weitere Vorgehen zu planen und an den einzelnen individuellen Patienten anzupassen. Die Autoren geben auch eine Empfehlung zur Observation bei Patienten über 65 mit einem kleinen, weitgehend asymptomatischen VS sowie für Patienten mit Neurofibromatose Typ 2 und Patienten mit Tumor auf der Seite des letzhörenden oder einseitig hörenden Ohres (Meyer et al., 2006).

In einer Studie von Jacob et al. wurden verschiedene Zugangswege auf ihre hörerhaltende Funktion überprüft. Der Hörerhalt (dort definiert als:  $PTA \leq 50$  dB,  $WRS \geq 50\%$ ) bei transtemporaler Resektion (über den Middle Fossa Approach – MFA) lag bei 37.3%. Auch hier wurde ein Prädiktor für einen besseren Hörerhalt postoperativ gefunden. Der Ursprung des Tumors, also ob er vom inferioren oder superioren Teil des N. Vestibularis stammte, hatte einen signifikanten Einfluss auf den Hörerhalt ( $p=0.024$ ). Hierbei führte der Ursprung vom superioren Anteil des Vestibularis-Nervs zu besseren Ergebnissen postoperativ. Bei einem kleineren Tumor hatte der Patient bessere Chancen auf einen Hörerhalt, es gab jedoch nur eine annähernd signifikante Korrelation (Jacob et al., 2007).

## 4 Diskussion

Auch bei Gjuric et al. wurde kein signifikanter Zusammenhang zwischen Tumorgröße und Hörerhalt gefunden, nach den Ergebnissen gab es aber einen Einfluss: Operationen an kleineren Tumoren gingen mit einem besseren Hörerhalt einher. Es wurde ein Hörerhalt über den transtemporalen Zugang von 32% erzielt. Von den Autoren wird eine Operation empfohlen, bevor das VS sich weiter als 5 mm in den Kleinhirnbrückenwickel erstreckt (Gjuric & Rudic, 2008).

Kutz et al. konnten schließlich in ihrer Studienpopulation nachweisen, dass Operationen an Tumoren  $\leq 10$  mm signifikant ( $p < 0.006$ ) zu einem besseren Hörerhalt führen als Operationen an größeren Tumoren. 63.2% der Patienten blieben postoperativ in den Klassen A oder B (Kutz et al., 2012).

Der Hörerhalt lag in der Studie von Shiobara et al. bei insgesamt 46.7%. Zwei Gruppen von Patienten wurden aus dieser Population separat betrachtet, zum einen die, die von 1976 bis 1995 operiert wurden, und zum anderen Patienten, die von 1996 bis 2005 operiert wurden. Bei der erstgenannten Gruppe lag der Hörerhalt bei 39.2% und verbesserte sich bei der zweiten auf 53.6% (Shiobara et al., 2008). Hier kann auf die zunehmende Erfahrung mit den Operationsverfahren geschlossen werden und auch auf frühzeitigere Operationen kleinerer Tumoren, weil diese durch weiterentwickelte, kernspintomographische Untersuchungsverfahren und eine zeitnahe MRT-Diagnostik früher erkannt wurden, was zu besseren postoperativen Ergebnissen führen kann. Allerdings wird der Einfluss der Tumorgröße auf den postoperativen Hörerhalt in der Forschung doch sehr kontrovers diskutiert, wie die verschiedenen Studien zeigen.

Ein gutes Beispiel, was die Auswahl der Studienteilnehmer bewirken kann, ist die Studie von DeMonte et al. Die Studienpopulation umfasste nur 30 Patienten, die alle jünger als 65 Jahre waren. Der Hörerhalt belief sich auf 73% (DeMonte & Gidley, 2012). Es ist möglich, dass die demographische Struktur der Probanden hier einen positiven Einfluss gehabt hat. Dabei muss bei einer solchen Vermutung erwähnt werden, dass z. B. auch bei der vorliegenden

## 4 Diskussion

Studienpopulation kein direkter signifikanter Einfluss zwischen dem Alter der Probanden und dem postoperativen Hörerhalt gefunden wurde, jedoch zwischen dem Alter und den präoperativen Hörklassen. Die präoperativen Hörklassen können somit einen Einfluss auf den Hörerhalt postoperativ haben, wie auch schon Ginzkey et al. zeigten. So auch Raheja et al.: Der Hörerhalt lag in dieser Studie bei 75.5%. Als Prädiktoren für den Hörerhalt konnte ein signifikanter Zusammenhang bzgl. der präoperativen Hörklasse ( $p < 0.001$ ) gefunden werden, deswegen auch der Hinweis darauf, dass durch eine frühe Operation, die besten Ergebnisse bezüglich des Hörerhalts erzielt werden können (Raheja et al., 2016). Die Korrelationen der vorliegenden Arbeit zeigten hier zwar signifikante Korrelationen zwischen dem Alter und dem präoperativen Hörvermögen, die Effektstärke nach Cohen war mit einem Korrelationskoeffizienten von ca. 0,3 jedoch nur mittelstark. Dies würde sich in einer größeren Studienpopulation möglicherweise anders darstellen.

Auch die Ergebnisse von Schwager et al. ordnen sich mit einem Hörerhalt von 45% in die durchschnittlichen Werte ein. Diese Studie war eine der wenigen, bei der ein konkreter Schalldruckpegel angegeben war, bei dem die Ergebnisse des WRS erhoben wurden. Er lag bei  $42 \pm 19$  dB. Dies könnte einen Einfluss auf das Ergebnis bei der Auswertung des Hörerhalts gehabt haben (Schwager et al., 2008).

Die Auswahl der Studienpopulation bzw. auch die Auswahl an Kandidaten für eine hörerhaltende Operation beeinflusst die Ergebnisse des Hörerhalts, die bei dieser Population erzielt werden können, wie auch Vincent et al. darstellten. Insgesamt belief sich der Hörerhalt in ihrer Studie auf 63%. Es wurde aber noch eine weitere Differenzierung vorgenommen. Im Jahr 2002 wurde in ihrer Einrichtung eingeführt, dass Patienten, bei denen schon eine Extension des Tumors in den Kleinhirnbrückenwinkel vorlag (was einem T2- bis T3-Stadium entspricht), von einer Operation über den transtemporalen Zugang ausgeschlossen wurden. Von 1995 bis 2002 lag der Hörerhalt bei 47%, nach der Einschränkung von 2002 bis 2006 lag er bei 76%. Die Autoren empfehlen eine

## 4 Diskussion

genauere Selektion der Patienten für diesen Zugangsweg, um einen umfassenderen Hörerhalt zu generieren (Vincent et al., 2012). Wenn die Voraussetzungen für eine hörerhaltende Operation so eingeschränkt werden, kann auch für die Ergebnisse mit besseren Werten gerechnet werden. Allerdings gibt es doch auch Patienten, die mit einem präoperativ schlechteren Hörvermögen und evtl. auch größeren Tumor von einer solchen Operation deutlich profitieren könnten. Bei der Studienpopulation der vorliegenden Arbeit konnten sich bis zu 25% der Patienten mit schlechtem Hörvermögen (C oder D/ 4 oder 5) präoperativ auf ein gutes Hörvermögen (A oder B / 1 bis 3) postoperativ verbessern. Sollte nicht solchen Patienten auch die Möglichkeit einer Verbesserung durch eine hörerhaltende Operation gewährt werden? Die Komplikationsrate ist gering und der Vorteil wieder gut zu hören, kann für den einzelnen Patienten von hoher Bedeutung für die Lebensqualität sein.

Auch der mittel- und langfristige Hörerhalt wurde in verschiedenen Studien beurteilt. So konnte bei Ahmed et al. nach einer transtemporalen Operation bei 70% der Patienten ein Hörerhalt erzielt werden. Kein Patient verbesserte sich durch die Operation von Klasse C oder D auf A oder B. Das Follow-Up der Patienten betrug bis zu 12 Jahre und die Langzeitdaten wurden korrigiert, indem der Hörverlust des kontralateralen Ohres in die Berechnungen miteinbezogen wurde. Nach 3 bis 5 Jahren waren noch 82% der Patienten in Klasse A oder B verblieben, nach 6 bis 8 Jahren 67%, nach 9 bis 11 Jahren 68% und nach 12 oder mehr Jahren 18%. Interessanterweise zeigte sich hier auch, dass sich 2 Patienten nach 3 bis 5 Jahren von Klasse C oder D zu Klasse A oder B verbesserten. (Ahmed et al., 2018) Es scheint also möglich, dass sich das Gehör und auch der Hörnerv nach einer solchen Operation wieder erholen könnten, auch wenn das Hörvermögen postoperativ schlecht war. Auch in der vorliegenden Studienpopulation sind Patienten zu finden, deren Hörvermögen sich im Laufe des Follow-Ups deutlich verbesserte. Je nach Einteilung verbesserten sich sogar bis zu 10% von einem schlechten Hörvermögen (C oder D / 4 oder 5) auf ein gutes (A oder B / 1 bis 3) während des Follow-Ups (Tab. 24).

## 4 Diskussion

*Tabelle 24 - Hörerhaltsraten der verschiedenen Hörklassifikationen mit Einteilung nach maximalem WRS oder WRS bei 65 dB SPL von Patienten, die initial Hörklasse A/B (AAO-HNS) oder 1-3 (GRC) angehörten.*

<b>Einteilung nach Hörklassifikation und WRS</b>	<b>direkt postoperativ</b>	<b>im Follow-Up</b>
AAO-HNS, WRS65	50%	60%
GRC, WRS65	61%	66%
AAO-HNS, WRSmax	59%	61%
GRC, WRSmax	63%	68%

*Legende: AAO-HNS = American Academy of Otolaryngology - Head and Neck Surgery Foundation - Klassifikation; GRC = Gardner-Robertson-Klassifikation; WRSmax = maximaler Word Recognition Score/Wortverständnis bei verschiedenen dB SPL; WRS65 = Word Recognition Score/Wortverständnis bei 65 dB SPL*

In einer Studie von Quist et al. sollte der Hörerhalt 5 Jahre nach der Operation untersucht werden. Direkt postoperativ lag der Hörerhalt bei 55%. Von 16 Patienten, die postoperativ Klasse A oder B zugeordnet wurden, konnten nach 5 Jahren noch ausreichend Daten für ein Follow-Up gewonnen werden. 75% der Patienten verblieben in diesen Klassen. Es wird geschlossen, dass für intrameatale Tumoren, die Operation (über den MFA) eine gute Option ist, eine Heilung zu erreichen und das Hörvermögen weitgehend zu erhalten. Als Gründe für eine Verschlechterung des Hörvermögens im Verlauf werden Tumorrezidive oder narbige Veränderungen im inneren Gehörgang vermutet (Quist et al., 2015).

In einer Studie von Wang et al. lag der initiale postoperative Hörerhalt der 103 Studienpatienten bei 82%. Hier sollte darauf hingewiesen werden, dass die demographischen Daten nicht erwähnt wurden und die durchschnittliche Tumorausdehnung mit 8.2 mm sehr klein war. Auch hier könnte es sein, dass die Auswahl der Patienten den Anschein von besseren Ergebnissen erweckt. Weiterhin ist zu diskutieren, wie bei WRS-Werten, die nur bei 40 dB gemessen wurden, wie angegeben, die entsprechenden Ergebnisse erzielt werden konnten. Die guten Ergebnisse dieser Studie werden von den Autoren durch einen modifizierten MFA, eine Schnittführung medial-zu-lateral und auch durch ein sorgfältiges Blutdruck-Management, um eine adäquate Blutversorgung des Gehirns zu gewährleisten, erklärt. Im 1-Jahres-Follow-Up verblieben 97% der



## 4 Diskussion

Patienten in Klasse A oder B, nach 3 Jahren waren es 94% und nach 5 Jahren noch 84%. Das 5-Jahres-Follow-Up konnte jedoch nur von 32 Patienten, deren Hörvermögen bei der Operation erhalten wurde, ausgewertet werden (Wang et al., 2013).

Die Studienpopulation von Woodson et al. hatte bei der Operation ein durchschnittliches Alter von 48 Jahren. Der Hörerhalt direkt postoperativ lag hier bei 96%. Eine solch hohe Rate des Hörerhalts konnte bis jetzt in keiner Veröffentlichung repliziert werden. Im Follow-Up lag sie noch bei 63%, was eher den Ergebnissen der Literatur entspricht. Diese Werte wurden noch durch den Hörverlust des kontralateralen Ohres korrigiert, womit der Langzeit (LZ)-Hörerhalt bei 70% lag. Von den Patienten, die postoperativ in den Klassen A oder B waren, konnten 66% dieses Level halten, nachdem die Ergebnisse korrigiert wurden sogar 73%. Das Follow-Up der Patienten lag zwischen 62 und 163 Monaten, der Durchschnitt bei 85.6 Monaten. Bei 29 der untersuchten 49 Patienten betrug seine Dauer mindestens 5 Jahre. Die Patienten wurden auch in die GRC eingeteilt, wobei bessere Ergebnisse erzielt werden konnten, was hier damit erklärt wird, dass viele ihrer Patienten bei 3 kHz und höher einen Abfall des Hörvermögens hatten, was bei dieser Klassifikation nur indirekt über den WRS aber nicht durch den PTA erfasst wird. Aus den Ergebnissen der Studie wird von den Autoren geschlossen, dass die Operation die einzige Therapieoption mit einem langfristigen Hörerhalt ist, die auch eine Heilung mit sich bringt, ohne dass eine regelmäßige Bildgebung über Jahre nötig ist. Sie raten jungen Patienten mit gutem Hörvermögen und kleinem Tumor zu einer Operation. (Woodson et al., 2010)

Hörerhaltende Zugänge sind transtemporal oder retrosigmoidal. Transtemporal können meist deutlich bessere Ergebnisse bzgl. des Hörerhalts erzielt werden, doch aufgrund der Größe der Tumoren muss zum Teil auf den retrosigmoidalen Zugang zurückgegriffen werden. Der Hörerhalt nach transtemporaler Operation belief sich bei einer Studie von Rabelo de Freitas et al. auf 47.8%. Verglichen

## 4 Diskussion

wurde dieser mit dem Hörerhalt bei einem retrosigmoidalen Zugang. Dieser betrug 24.1% (Rabelo de Freitas et al., 2012).

In der Studie von Tonn et al. ging es um den Hörerhalt nach einer interdisziplinären Operation über den retrosigmoidalen Zugang bei Tumoren ab T-Stadium 3. Er lag bei 39.8% und wurde definiert als modifizierte GR-Klasse 1 bis 3. Es wurde interdisziplinär operiert, beteiligt waren Neurochirurgen und HNO-Chirurgen. Dieses Operationskonzept führt laut den Autoren zu zufriedenstellenden Ergebnissen bezüglich des Hörerhalts (Tonn et al., 2000). Bei der modifizierten GRC nach Tonn wird nur mittels des PTAs klassifiziert. Dies ist mit anderen Klassifikationen schwer zu vergleichen und bildet die Realität nur eingeschränkt ab.

In einer Studie von Yates et al. wurde der WRS bei 40 dB oder weniger dB SPL gemessen. Es wurde der Hörerhalt von großen Tumoren ( $\geq 15$  mm) über den retrosigmoidalen Zugang betrachtet, welcher hier bei 6.3% lag. Es gab in dieser Studie einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Tumorgöße und dem postoperativen Hörerhalt ( $p=0.043$ ), wonach es in der Gruppe der kleinsten Tumoren (15-19 mm) mit 17.6% Hörerhalt die besten Ergebnisse gab (Yates et al., 2003). Daraus lässt sich folgern, dass eine operative Sanierung bei geringerer Tumorgöße erfolgen sollte, um bestmögliche Ergebnisse zu erzielen. Des Weiteren kann darauf geschlossen werden, dass es erst bei größeren Tumoren einen signifikanten Zusammenhang zwischen Tumorgöße und Hörvermögen postoperativ gibt, der bei kleineren, wie in anderen Arbeiten erwähnt, oft noch nicht detektierbar ist.

Aus den Ergebnissen dieser Arbeit und den vorhergenannten Studien zeigt sich, dass der transtemporale Zugang zu hohen Raten von postoperativem Hörerhalt führen kann auch im Gegensatz zum retrosigmoidalen Zugang. Gezeigt wurde das für die Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkrankheiten, plastische und ästhetische Operationen der Universität Würzburg nochmal im Speziellen. Hier sind über Jahre stetig positive Ergebnisse zu verzeichnen. In der

## 4 Diskussion

Literatur schwanken die Werte auch abhängig von der Studienpopulation und den Klassifikationssystemen zwischen 32 und 82% (Tab. 25). Der Einfluss der Größe der VS wird kontrovers diskutiert und doch zeigen die meisten Studien, die diesen Zusammenhang untersucht haben, eine Tendenz, dass kleinere Tumore mit besseren Raten an Hörerhalt verbunden sind und dementsprechend auch früher operiert werden sollten. In der vorliegenden Arbeit wurde die Größe nicht konkret über eine Längen- oder Volumenangabe betrachtet, sondern über das T-Stadium. Das Alter scheint keinen Einfluss auf den postoperativen Hörerhalt zu haben, aber doch auf die präoperativen Hörklassen der Patienten, welche dann wiederum als positive Prädiktoren für den postoperativen Hörerhalt benannt werden konnten. Indirekt kann also doch eine gewisse Korrelation beobachtet werden. Dies führt in vielen Studien auch zu der Erkenntnis, dass schon bei der Diagnose eines VS eine hörerhaltende Operation in Betracht gezogen werden sollte, was durch diese Ergebnisse unterstrichen wird. Auch die LZ-Studien zeigen vielversprechende Ergebnisse über den Verlauf von Tumoren, die über den MFA operiert wurden.

Der Vergleich der Hörerhaltsrate der AAO-HNS-Klassifikation und der GRC in der vorliegenden Studie hatte unter anderem den Zweck, möglichst viele andere Studien besser mit den eigenen Ergebnissen zu vergleichen. Es sollte aber auch herausarbeitet werden, welche Klassifikation und vor allem auch welcher SPL zur Messung des WRS am besten wäre, um schon postoperativ das Ergebnis zu zeigen, welches die zukünftige Hörklasse im Follow-Up am besten widerspiegelt. Die Einteilungen mit maximalem WRS bilden das Ergebnis direkt postoperativ auch im Follow-Up annähernd nach. Hier beträgt die Differenz bei beiden Hörklassifikationen zwischen dem postoperativen Hörerhaltsraten und den Hörerhaltsraten im Follow-Up bei maximalem WRS nur 2 (AAO-HNS) und 5% (GRC) (Tab. 24). Demnach sollte auch grundsätzlich der maximale WRS zur Klassifikation herangezogen werden, weil er den zukünftigen Verlauf des Hörens besser abbildet. So kann direkt postoperativ das mittelfristige Ergebnis besser abgesehen werden. International wird auch weitgehend mit diesem Wert

## 4 Diskussion

gearbeitet (Rahne et al., 2020), was die Vergleichbarkeit unterschiedlicher Studien erhöht.

Der Vergleich der beiden Hörklassifikationen zeigt, dass nach der Einteilung nach GRC höhere Raten an Hörerhalt erzielt werden können (Tab. 24). Das liegt zum einen daran, dass für den PTA bei dieser Einteilung nur Werte bei Frequenzen zwischen 0,5 und 2 kHz einbezogen werden, während es bei der Klassifikation nach AAO-HNS auch Werte bei 3 kHz sind. Zum anderen liegt es aber auch an der Definition des Hörerhalts. Bei der GRC wird der Hörerhalt als Klasse 1 bis 3 definiert, was Werten des WRS von 5 bis 100% und des PTA von 0 bis 90 dB SPL Tonschwelle entspricht. Bei der AAO-HNS-Klassifikation wird der Hörerhalt als Klasse A und B definiert, was Werten des WRS von 50 bis 100 % und des PTA von 0 bis 50 dB SPL entspricht. Hieran erkennt man deutlich den Unterschied der Einteilungen und das Potential bei einer Einteilung nach GRC höhere Hörerhaltsraten zu generieren. Je nach dem, was also in einer Studie gezeigt werden soll, können die Autoren ihre Klassifikation wählen, aber auch je nachdem, was sie selbst als angemessenen Hörerhalt erachten. Für den Leser sollte es also besonders wichtig sein, auf die gewählte Klassifikation und auch die potenziellen Modifizierungen zu achten, um die Aussagekraft der Hörerhaltsrate einer Studie bewerten und einordnen zu können.

Die Autorin empfiehlt in nachfolgenden Studien die Einteilung nach AAO-HNS und dem maximalen WRS zu wählen, da hier auch direkt postoperativ das mittelfristige Ergebnis des Follow-Ups gut dargestellt wird und die internationale Vergleichbarkeit mit anderen Studien hoch ist.

## 4 Diskussion

Tabelle 25 - Literaturübersicht.

Autoren	Jahr der Veröffentlichung	Probandenzahl	Zugangsweg	Hörerhalt
Gjuric et al.	2008	96	MFA	32%
Jacob et al.	2007	40	MFA	43%
Shiobara et al.	2008	270	MFA	47%
Quist et al.	2015	57	MFA	55%
Meyer et al.	2006	124	MFA	57%
Schwager et al.	2008	318	MFA	60%
Kutz et al.	2010	38	MFA	63%
Vincent et al.	2012	77	MFA	63%
Scheich et al.	2017	167	MFA	65%
Ahmed et al.	2017	155	MFA	70%
DeMonte et al.	2012	30	MFA	73%
Ginzkey et al.	2012	65	MFA	74%
Raheja et al.	2016	49	MFA	76%
Wang et al.	2013	103	MFA	82%
Woodsen et al.	2010	49	MFA	LZ, siehe Text
Rabelo de Freitas et al.	2012	90	MFA RS	48% 24%
Yates et al.	2003	64	RS	6%
Tonn et al.	1999	508	RS	40%

Legende: LZ = Langzeit; MFA = Middle Fossa Approach/transtemporaler Operationszugang; RS = retrosigmoidaler Operationszugang

### 4.2 Vestibularisfunktion

Im Gegensatz zum Hörerhalt nach einer Operation über den transtemporalen Zugang oder anderen Therapiemöglichkeiten gibt es über die vestibulären Folgen sowohl der Erkrankung an sich als auch über die Entwicklung solcher nach einem chirurgischen Eingriff oder einer Bestrahlung deutlich weniger Publikationen. Ein Problem vieler Studien ist der retrospektive Charakter. Hier werden keine neuen, möglicherweise interessanten Werte erhoben und so zum Teil Messungen der vestibulären Funktion nur prä- oder postoperativ durchgeführt. Dies ist auch eine Limitation der vorliegenden Studie.

Zum Teil wurden in den oben genannten Studien die präoperativen Schwindelinzidenzen der Patienten erhoben. Bei der Studie von Schwager et al.

## 4 Diskussion

lag die Schwindel-Inzidenz präoperativ bei 62.6% (Schwager et al., 2008). Postoperativ wurde leider nicht mehr darauf eingegangen, was durchaus an der mangelhaften Ergebnislage liegen könnte, ein häufiges Problem retrospektiver Studien. Genauso ist es auch der Studie von Raheja et al. zu entnehmen, wobei hier die präoperative Schwindel-Inzidenz mit 63% angegeben wurde (Raheja et al., 2016). In der vorliegenden Studienpopulation lag die Schwindelinzidenz präoperativ bei 50%. Die durchschnittliche Inzidenz von Schwindel bei Erwachsenen in der Allgemeinbevölkerung ist mit 15 bis 35% beschrieben (Neuhauser, 2016). Das deutlich erhöhte Auftreten dieses Symptoms zeigt nochmals klinisch die Affektion des Nervens durch das VS. Was bei Arbeiten zum Thema Schwindel jedoch immer beachtet werden sollte, ist die stark subjektive Erfahrung dieser Einschränkung.

Oft behandeln solche Studien auch nicht allein den Schwindel und zum Beispiel seinen Einfluss auf den Hörerhalt oder ähnliches, sondern werden kombiniert mit Analysen zur LQ. Dass der Schwindel erheblichen Einfluss auf diese hat, geht aus vielen verschiedenen Studien hervor.

In die Studie von Scheich et al. wurden 86 Patienten einbezogen, welche während des Follow-Ups nach ihrer Operation einen SF-36-Fragebogen ausfüllen sollten. Dieser besteht aus 36 Fragen und behandelt 8 Subskalen. Der Einfluss verschiedener Faktoren auf diese Kategorien wurde überprüft. Alle Patienten mit Schwindelbeschwerden waren in allen Kategorien signifikant schlechter, womit auch die gesamte LQ als deutlich eingeschränkt betrachtet wurde. Auch ein höheres Alter als 50 Jahre hatte einen signifikanten Einfluss auf die Subskalen „körperliche Funktion“ und auf die „allgemeine Gesundheitswahrnehmung“. (Scheich et al., 2014) Damit wird auch hier ein Faktor genannt, der im Rahmen einer Operationsfrage Einfluss haben kann. Ältere Menschen sind in der LQ nach Operation eingeschränkt, so dass eine frühere Operation in Betracht gezogen werden sollte, um dem zu entgehen. Auch die hohe Relevanz von möglichst geringen Schwindelbeschwerden wird durch die Arbeit von Scheich et al. betont.

## 4 Diskussion

Es wurden verschiedene Scores, subjektiv und objektiv, bei einer Studie von Deberge et al. verwendet, um die LQ von Patienten nach Operation, Bestrahlung und Observation miteinander zu vergleichen. Es gab keine signifikante Veränderung der LQ bezogen auf eine bestimmte Therapieoption. Allerdings hatte auch in dieser Publikation der Schwindel signifikante Auswirkungen ( $p < 0.05$ ) auf die körperlichen und mentalen Scores bei allen Patienten, während eine Hörschwellenerhöhung oder eine Fazialisfunktionseinschränkung den LQ-Wert nicht beeinflussten. Einige Patienten aus der Studienpopulation mussten nach einer Bestrahlung auch operiert werden. (Deberge et al., 2018) Dies ist ein weiteres Beispiel dafür, dass die Operation die einzige wirklich kurative Therapieoption ist. Was jedoch an dieser Studie auch unabhängig von den Erhebungen zur LQ zu bemängeln ist, ist, dass die Autoren weiterhin eine chirurgische Therapie für kleine Tumoren nicht empfehlen, da sie selbst in ihren Ergebnissen eine Hörschwellenerhöhung für diese feststellen konnten. Allerdings wird bei den Daten zu einer solchen Erhöhung nicht differenziert, ob ein Patient über den transtemporalen oder über den translabyrinthären Zugang operiert wurde, was aber, wie auch schon mehrfach in dieser Arbeit beschrieben, den großen Unterschied ausmacht. Bei einer Operation translabyrinthär kommt es obligat zu einer Ertaubung.

Ziel einer Studie von Carlson et al. war es mit dem SF-36 und einem weiteren Fragebogen zur LZ-LQ (PANQOL), diese zu analysieren. Auch hier wurden Patienten aller Therapiemodalitäten eingeschlossen und das durchschnittliche Follow-Up lag bei 7.7 Jahren. 60.9% der Patienten klagten über anhaltende Schwindelbeschwerden nach Diagnose und Therapie des VS. Die Patienten, die solche Beschwerden hatten, hatten auch signifikant ( $p < 0.001$ ) die größten Abfälle der LQ in den Fragebögen. Zwischen den Therapieoptionen gab es jedoch auch in dieser Studie keine signifikanten Unterschiede in der LQ. Interessanterweise gaben die Patienten als am meisten störende Symptome den Hörverlust und die schlechtere Fazialisfunktion an und nicht den Schwindel oder Kopfschmerz, welche jedoch durch die Fragebögen als die einflussreichsten Symptome erkannt werden konnten. Carlson et al. vermuten, dass die erstgenannten Symptome am

## 4 Diskussion

meisten sozial auffallen, während Kopfschmerz und Schwindel nicht immer von außen wahrgenommen werden. Zudem sind die Patienten durch Tests, Aufklärung und Anamnesen für den Hörverlust und die Fazialis-Problematik sensibilisiert. Hingewiesen wird auch darauf, dass in den letzten Jahrzehnten der Fokus der Behandlung stark auf einen Hörerhalt und einen Fazialis-Funktionserhalt gelegt wurde. Nun sollte auch der Schwindel mehr untersucht werden, da dieser, wie nachgewiesen wurde, einen erheblichen Einfluss auf die LQ hat. (Carlson et al., 2015)

Auch die vorliegende Arbeit versuchte Einflussfaktoren auf den Schwindel zu erkennen und eine Aussage zum Outcome zu treffen.

Mithilfe einer visuellen analogen Skala sollten die Patienten bei einer Studie von Grauvogel et al. ihre Schwindelbeschwerden beurteilen. Weiterhin wurden von ihnen Fragebögen ausgefüllt. Auch hier wurde der Hörverlust als am meisten störendes Symptom genannt. Die größte und auch signifikante ( $p < 0.01$ ) LQ-Minderung von prä- zu postoperativ gab es jedoch auch wieder in der Schwindelkategorie. Präoperativ war von 67.7% der Patienten Schwindel angegeben worden. 81% der Tumoren in dieser Studie waren ein T3- oder T4-Stadium, welche über den suboccipitalen Zugang operiert wurden. Es wurden Tendenzen gefunden, bei denen größere Tumoren mit stärkeren Schwindelbeschwerden einhergingen. (Grauvogel et al., 2010) Diese Erkenntnis bestärkt die Empfehlung, VS schon im kleinen T-Stadium zu reseziieren, um Schwindelbeschwerden, schon bevor sie sich noch weiter verstärken können, vorzubeugen.

Eine norwegische Studie von Breivik et al. verfolgte die Minderung der LQ noch weiter. Hier wurde herausgearbeitet, dass signifikant ( $p = 0.001$ ) mehr Menschen vom Staat unterstützt werden mussten, wenn sie bei einer VS-Erkrankung initial Schwindelbeschwerden hatten, d. h. das Risiko abhängig von staatlicher Hilfe zu werden, stieg signifikant an. Insgesamt verbesserten sich diese Symptome signifikant ( $p < 0.001$ ) nach durchschnittlich 58.7 Monaten im Follow-Up (Breivik et al., 2013). Da es sich hierbei um eine Studie aus Norwegen handelt, ist sie



## 4 Diskussion

schwer auf unsere deutsche Gesellschaft zu übertragen. Dennoch wird noch einmal deutlicher, welchen Einfluss Schwindel auf das alltägliche Leben haben kann. Nicht wenige Menschen werden sogar arbeitslos und müssen mit staatlichen Hilfen unterstützt werden. Insgesamt muss aber auch erwähnt werden, dass verstärkter Schwindel auch mit anderen Komorbiditäten einhergehen kann, die hier nicht beachtet wurden, wie z. B. Depression und Angststörungen, die selbst das Arbeitsumfeld oder die Arbeits(un)fähigkeit beeinflussen können.

In einer Übersichtsarbeit von Kim et al. wurden die Schwindel-Outcomes nach mikrochirurgischer Resektion des Tumors und nach dessen Bestrahlung verglichen. Die wahrgenommene Verbesserung des Schwindels war in der Chirurgie-Gruppe signifikant ( $p < 0.05$ ) höher als in der Strahlentherapie-Gruppe. Auch bei der Schwindelinzidenz nach der Intervention war die Chirurgie signifikant überlegen ( $p < 0.001$ ). In der Auswertung der Fragebögen gab es keine signifikanten Unterschiede. Die Autoren geben an, dass aus den gewonnenen Erkenntnissen der Schluss gezogen werden kann, dass die mikrochirurgische Entfernung des Tumors der Bestrahlung bzgl. der wahrgenommenen Schwindelbeschwerden überlegen ist (Kim et al., 2020). Sollten also Patienten, die schon initial Schwindelbeschwerden haben, eine Operation der Bestrahlung vorziehen? Kim et al. geben als Problematik der Übersicht der Studien zur Schwindelproblematik bei VS zudem an, dass die Nomenklatur sehr weit auseinanderght. Dies ist allgemein eine Schwierigkeit bei Arbeiten zum Thema Schwindel und konnte auch in der Recherche für diese Arbeit festgestellt werden, da auch bei Anamnesen oder dem Ausfüllen von Fragebögen doch die individuellen Vorstellungen der Patienten von Schwindel, einem Unsicherheitsgefühl, Instabilität oder Balanceproblemen weit auseinanderggehen können. Dies dann zusammenzufassen oder einzuteilen ist eine schwierige Aufgabe, die durchaus auch zu Verzerrungen in den Studien führen kann.

In der Studienpopulation von Nilsen et al. brauchten von den initial 223 wait-and-scan-Patienten 106 während des Follow-Ups eine Intervention. 27% hatten initial moderate bis schwere Schwindelbeschwerden und bei insgesamt 51% konnte

## 4 Diskussion

auch ein Funktionsverlust des lateralen Bogenganges mithilfe einer VNG-Untersuchung nachgewiesen werden. Im Verlauf stieg dieser Anteil auf 56%. Insgesamt war das Tumolvolumen in dieser Studienpopulation bei den überwachten Patienten sehr stabil, womit sich auch die stabilen Beschwerden erklären lassen können. Nilsen et al. beschreiben, dass es ohne ein Tumorwachstum auch keine Verschlechterung der vestibulären Funktion gibt, was durchaus plausibel erscheint, wenn solch stabile Patienten untersucht werden. Die Schwindelbeschwerden nahmen hier im Verlauf ab. Als wahrscheinlicher Grund hierfür wird eine zentrale Kompensation genannt. Eine Gleichgewichtsrehabilitation sollte bei Patienten mit anhaltender Schwindelsymptomatik angezeigt sein. Als möglicher weiterer Schritt der Forschung, sollten VHITs in neue Studien miteinbezogen werden. (Nilsen et al., 2019) Die Rate an Patienten, welche im wait-and-scan Stadium doch operiert werden mussten, ist hoch. Bei diesen Patienten wären die funktionellen Ergebnisse einer früheren Operation möglicherweise besser gewesen. In der vorliegenden Arbeit war die Funktion des lateralen Bogenganges gemessen mittels VNG bei 84% der Patienten gemindert, wobei die mittlere Minderung 39,3% betrug. Und auch die subjektiven Schwindelbeschwerden waren mit 50% höher als in der Studienpopulation von Nilsen et al. Insgesamt waren ihre Patienten bzgl. des Schwindels weniger betroffen als die aus der vorliegenden Arbeit, was evtl. auch dazu bewog eher abzuwarten als zu operieren. Wie Nilsen et al. auch in ihrer Studie empfohlen, wurden in der vorliegenden Arbeit auch die VHITs der Patienten ausgewertet. Hier konnte allerdings nur bei 10% eine Minderung und bei 6% ein Ausfall der Funktion des lateralen Bogenganges präoperativ festgestellt werden. Dieser Unterschied lässt sich mit den unterschiedlichen Frequenzen, die bei den Tests wichtig sind, erklären. Während die thermische Prüfung im Rahmen einer VNG-Untersuchung v.a. einem niederfrequenten Arbeitsbereich entspricht, so ist dies bei den VHITs ein hochfrequenter. So beschreiben Blödow et al., dass der niederfrequente Bereich beim VS häufiger beeinträchtigt ist. Sie folgern jedoch aus ihrer Studie, dass dadurch die Kombination beider Testverfahren in der Diagnostik des VS wichtig ist. In ihren Ergebnissen zeigt sich bzgl. der Erkennung eines VS eine Sensitivität

## 4 Diskussion

bei der thermischen Prüfung von 72% und bei der VHIT von nur 41%. Dies ist jedoch für die Detektion eines VS wichtiger als für den Therapieverlauf. Es zeigte sich, dass die mittlere Seitenasymmetrie in der kalorischen Prüfung mit einem größeren T-Stadium und schlechteren Hörklassen signifikant stieg. Blöadow et al. sehen die frequenzspezifische Diagnostik auch als wichtige Hilfe für das präoperative Schwindelmanagement, wobei sie auf eine Gentamicin Prähabilitation verweisen. (Blöadow et al., 2013)

Mit Gentamicin-Injektionen ins Mittelohr sollte in einer Studie von Hrubá et al. eine Prähabilitation der vestibulären Funktion auf der Seite des Tumors erfolgen. Gentamicin wirkt ototoxisch und führt zu einer Deafferenzierung des N. vestibularis. Durchgeführt wurde dies nur bei Patienten ohne erhaltenswertes Hörvermögen (Definition von Hrubá et al.: GRC 3 bis 5). Zudem bekamen alle Patienten sowohl der Gentamicin- als auch der Kontrollgruppe 3 Monate vor der Operation eine Einweisung für Übungen zur Verbesserung der vestibulären Funktion für zuhause. Die Funktion des lateralen Bogenganges wurde vor und nach Gentamicin-Injektion mittels VNG und HIT getestet. Zudem wurde auch subjektiv die Einschätzung der Patienten mittels Activities - Specific Balance Confidence Scale (ABC) Fragebogen analysiert. Postoperativ nahm ein Teil der Patienten an einer überwachten, vestibulären Rehabilitation teil, wobei individuell für sie Übungen für bestimmte Symptome durchgeführt wurden. Das Ergebnis der Gentamicin-Gruppe zeigte keine signifikante Besserung der vestibulären Funktion, nur positive Trends waren erkennbar. Auch subjektiv gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen dieser und der Kontrollgruppe, durchaus aber für die Beschwerden vor und nach der Operation und der Rehabilitation. Es wird gefolgert, dass die Rehabilitation ein paar Tage nach der Operation die vestibuläre Kompensation unterstützen kann. (Hrubá et al., 2019) Diese These kann durchaus stimmen, allerdings ist der Zeitraum möglicherweise zu kurz, um eine definitive Aussage zu treffen. Innerhalb der ersten Tage nach Operation, entwickeln sich Schwindelsymptome oft auch von allein zurück.

## 4 Diskussion

Im Gegensatz dazu steht eine schwedische Studie von Tjernström et al. Eingeschlossen wurden nur Patienten mit vorhandener vestibulärer Funktion und ohne erhaltenswertes Hörvermögen. Die Interventionsgruppe wurde präoperativ zu vestibulären Übungen angehalten und bekam über 3 bis 4 Wochen Gentamicin-Injektionen, um eine vestibuläre Deafferenzierung auszubilden. Die Kontrollgruppe ohne Injektionen wurde nur in vestibuläre Übungen eingewiesen, die sie 2 Wochen vor der Operation durchführen sollten. Kontrolliert wurde die vestibuläre Funktion v.a. mit der dynamischen Posturographie. Die Patienten mit der Prähabilitation kamen hier mit posturalen Störungen besser zurecht und mussten weniger Energie aufwenden, um stabil zu stehen. Auch im Follow-Up zeigte diese Gruppe eine weitere Verbesserung ihrer Stabilität, während eine solche bei der Kontrollgruppe nicht beobachtet werden konnte. Die Autoren verweisen darauf, dass die Gentamicin-Gruppe schon bei den präoperativen Übungen anfang, den Verlust der vestibulären Funktion zentral auszugleichen. Bei der Kontrollgruppe halfen diese Übungen zwar, postoperativ den Ablauf schon zu kennen und auch die muskuläre Erinnerung zu stärken, durch die abrupte Änderung des Kontextes durch die Operation und den unilateralen Verlust der vestibulären Funktion, konnte hier jedoch nicht schon präoperativ eine Kompensation erzielt werden. Auch die akute Symptomatik dieses abrupten Verlusts wie Nausea und Emesis verhinderte, dass die Patienten sofort mit der Bewegung und dementsprechend der Kompensation beginnen konnten. (Tjernström et al., 2018) In dieser Studie von Tjernström et al. wurde über den translabyrinthären und retrosigmoidalen Zugangsweg operiert und kein gesteigerter Wert auf den Hörerhalt gelegt. Die Gentamicin-Prähabilitation zeigt sich als eine vielversprechende Option, die wichtige Schwindelproblematik bei Patienten ohne erhaltenswertes Hörvermögen zu mindern und so auch die LQ zu verbessern. In der vorliegenden Studie ging es vor allem um Patienten mit erhaltenswertem Hörvermögen, welche über den transtemporalen Zugang operiert wurden. In diesem Fall sollte man jedoch aufgrund der ototoxischen Wirkung des Gentamicin vermutlich von einer Prähabilitation absehen, da ein solcher Versuch risikobehaftet wäre und höchstens unter Studienbedingung und ethischen Abwägungen durchgeführt werden könnte. Eine zentrale

## 4 Diskussion

Kompensation kann nicht nur vor der Operation angestrebt werden, sondern insbesondere auch postoperativ durch eine spezialisierte, physiotherapeutische Schwindelrehabilitation.

In einer Studie von Thomeer et al. wurde kein signifikanter Einfluss einer vestibulären Rehabilitation auf die Einschätzung der Beschwerden der Patienten in Fragebögen gefunden. Jedoch lässt sich die Gruppe mit Rehabilitation und die Kontrollgruppe schwer vergleichen, da nur die Patienten mit schwerer Schwindelsymptomatik eine Rehabilitation erhielten. Dass diese Patienten und Patienten mit leichteren Symptomen später ähnliche Antworten im Fragebogen gaben und es keine signifikanten Unterschiede gab, kann eventuell auch als gute Tendenz gedeutet werden. Eine präoperative Minderung im VNG war bei 74% zu finden. Es wurden auch einige Problematiken der Rehabilitation erläutert, wie die fehlende Standardisierung oder dass diese nicht für alle Patienten zugänglich sei, z. B. durch eine zu große Entfernung ihres Wohnorts zu einer physiotherapeutischen Praxis. In dieser Studie wurde darauf eingegangen, dass es durchaus durch die psychische Verfassung des Patienten zu einem Bias in der Schwindelsymptomatik kommen kann. (Thomeer et al., 2015)

Schwindelbeschwerden müssen organisch ausreichend abgeklärt werden und es darf aufgrund einer möglichen psychischen Komponente keine unzureichende Diagnostik veranlasst werden.

Die vestibuläre Rehabilitation nach einem mikrochirurgischen Eingriff sollte als Möglichkeit der zentralen Kompensation des Schadens des Vestibularorgans dienen und kann zum Großteil auch vom Patienten zuhause durchgeführt werden.

In Würzburg wird postoperativ immer eine Schwindelrehabilitation empfohlen. Um den Patienten genauer zu überwachen und um in neuen Studien Erkenntnisse für die besten Schwindelergebnisse nach einem Eingriff zu bekommen, sollen dort bei den Patienten prä- und postoperativ sowohl VHITs und VNGs durchgeführt als auch VEMPS aufgezeichnet werden. So soll auch die internationale Vergleichbarkeit verschiedener Studienergebnisse erhöht werden. Aufgrund der mangelhaften Studienlage bzgl. der Ergebnisse der VHITs konnte

kein Vergleich für die gewonnenen Erkenntnisse gefunden werden. Auch in der vorliegenden Arbeit konnten postoperativ nur noch bei 36 Patienten VHIT-Ergebnisse erhoben werden. Es ist davon auszugehen, dass dies hauptsächlich bei Patienten der Fall war, die Schwindelbeschwerden aufwiesen oder angaben. Damit lassen sich auch die hohen Ausfallquoten der Bogengänge von bis zu 80% bei den postoperativen VHITs erklären. Auch die VNG-Ergebnisse sind mit 22 Patientendaten postoperativ eingeschränkt.

Ein höheres Alter der Patienten ging mit einer verminderten Funktion des posterioren Bogenganges präoperativ einher. Hier zeigte sich eine signifikante Korrelation ( $p=0,005$ ) mit mittlerer Effektstärke nach Cohen. Zu einer Gain-Reduktion kann es auch im Rahmen einer Presbyvestibulopathie kommen (Schmäl, 2020). Es zeigten sich zudem Korrelationen zwischen den Funktionen aller drei Bogengänge und der Einteilung der Patienten in die Hörklassifikationen. Eine bessere präoperative Bogengangsfunktion korrelierte sowohl prä- als auch postoperativ und auch im Follow-Up signifikant mit einer besseren Hörklasse. Die Effektstärke war jeweils mittelstark ausgeprägt. Wie diese Erkenntnis genau zu bewerten ist, ist fraglich und könnte Gegenstand weiterer Studien sein. Unterstrichen wird aber dadurch wieder die Empfehlung, Patienten mit der passenden Indikation lieber früher als später zu operieren, um so sowohl eine mögliche bessere vestibuläre Funktion als auch bessere Hörergebnisse zu erzielen. Wenn das Hörvermögen nach der Operation subjektiv oder objektiv eingeschränkt ist, sollte auch über eine Hörrehabilitation und -versorgung nachgedacht und aufgeklärt werden.

### **4.3 Hörrehabilitation**

Schon bzgl. der vestibulären Funktion nach einer Operation gibt es wenige Studien, doch für die Hörrehabilitation mithilfe einer konservativen Versorgung ist die Zahl von Veröffentlichungen sehr gering. Im Verlauf der Literaturrecherche konnten für diese Fragestellung nur wenige Studien evaluiert werden.

In einer amerikanischen Studie von Drusin et al. sollte mittels Fragebögen, u.a. dem Abbreviated Profile of Hearing Aid Benefit (APHAB) überprüft werden,

## 4 Diskussion

welche Hörhilfen von den Patienten mit VS bevorzugt wurden, welche nicht und auch warum. Doch schon bei der Patientenrekrutierung gab es Auffälligkeiten, weil nur 29% der Befragten ihre Fragebögen vollständig ausgefüllt zurücksendeten. Von diesen Patienten gaben nur 30% an, nach der Operation jemals ein HG benutzt zu haben. Die meistgenannten Gründe für den fehlenden HG-Gebrauch waren unter anderem, dass die Patienten nicht von der Möglichkeit einer anschließenden Hörrehabilitation mittels eines HG wussten, was durchaus auch ein Fehler in der Aufklärung der Patienten sein könnte. Als weiterer Grund wurde benannt, dass die Patienten ihr Hören subjektiv nicht als schlecht genug für ein HG einschätzten, was Drusin et al. auch mit einer Gewöhnung erklären. Der Hörgerätetyp korrelierte nicht signifikant ( $p=0.54$ ) mit der Hörkategorie. Es gab unter den Patienten keine Präferenz eines HG. Beim APHAB werden 4 Items geprüft: die vereinfachte Kommunikation, der Nachhall, die Hintergrundgeräusche und die Aversion zu Geräuschen. Die HG-Gruppe der Studie erzielte hier signifikant ( $p=0.0001$ ) bessere Ergebnisse. (Drusin et al., 2020) Insgesamt zeigt diese Studie, dass die Patienten definitiv einen Benefit von ihrem HG haben können, wenn sie es auch tragen, wobei die Compliance der Patienten hier oft ein Problem ist. In einer anderen amerikanischen Studie von Macielak et al. wurde eine Umfrage unter 878 Mitgliedern der Acoustic Neuroma Association (ANA) ausgewertet, um herauszuarbeiten, wie die HG-Versorgung in dieser Kohorte verteilt ist. Der Großteil der Patienten nutzte eine konservative HG-Versorgung: 32,8% verwendeten im Laufe ihrer Erkrankung zumindest einmal ein HdO-HG, 23,8% ein CROS-HG und 21,7% ein Knochenleitungs-HG. Weniger als 1% der Befragten waren mit einem CI versorgt. 62,2% nutzten zum Zeitpunkt der Befragung keine Hörhilfe. Auf den Hörvermögensgewinn wurde nicht eingegangen (Macielak et al., 2021). Bei der Studienkohorte handelte es sich allerdings um gut informierte Mitglieder der ANA. Auch Macielak et al. sind der Meinung, dass diese Ergebnisse von denen einer möglichen Umfrage in der Allgemeinbevölkerung abweichen.

Zu bedenken ist auch, dass sich das deutsche Gesundheitssystem deutlich vom amerikanischen unterscheidet, bei dem es keine gesetzliche Krankenkasse gibt. Ein HG kann in den USA für den Patienten eine große monetäre Ausgabe sein,

## 4 Diskussion

während es in Deutschland auch HG gibt, bei denen auf den Patienten keine Zuzahlung zukommt. Die Entscheidung für ein HG ist in Deutschland für den Patienten bzgl. der wirtschaftlichen Überlegungen leichter zu treffen. Es gibt jedoch keine Studien in Deutschland, die dieses Thema auch in Bezug auf eine Erkrankung mit einem VS bearbeiten. Das wäre für die nächsten Jahre noch weiter zu erforschen.

In der vorliegenden Studienpopulation waren präoperativ nur 5% der Patienten mit einem HG versorgt, postoperativ waren es 43%, die endgültig mit einem HG versorgt waren oder sich in der Vorbereitung darauf befanden. 57% der Patienten der Studienpopulation waren postoperativ nicht mit einem HG versorgt oder in Vorbereitung darauf und 15% von diesen lehnten die HG-Versorgung klar ab, obwohl eine Indikation dazu bestand. Die Patienten, die postoperativ erstversorgt wurden, verbesserten ihr Wortverständnis mit HG um durchschnittlich 30 bis 40%. Diese Verbesserung kann im alltäglichen Leben eine Erleichterung bringen. Dies sollte auch den Patienten, welche eine Versorgung ablehnen, erläutert werden. Wer jedoch tatsächlich von einem HG profitiert, zeigt sich erst nach der Anpassungsphase.

Um dem vorauszuwirken, wurde in einer französischen Studie von Reffet et al. überprüft, ob die Ergebnisse der BERA-Messungen der Patienten Auswirkungen auf den Benefit mit HG haben. Die Patienten wurden in 2 Gruppen aufgeteilt: Eine Gruppe 1 mit ausgeprägten Wellen und eine Gruppe 2 mit desynchronisierten Wellen. Danach folgte ein einmonatiger HG-Trageversuch. Es zeigte sich in Gruppe 1 ein signifikant verbessertes Hörvermögen mit HG, bei Gruppe 2 nicht. Ein weiterer großer Unterschied war, dass 90% der Patienten aus Gruppe 1 nach dem Versuch ihr HG behielten und weiterverwendeten, während es in Gruppe 2 nur 20% waren. Die LQ aller Patienten, die ihr HG behielten, gemessen durch einen GBI-Fragebogen verbesserte sich. (Reffet et al., 2018)

Wird diese und die Studie von Drusin et al. kombiniert, könnte vermutlich eine höhere Adhärenz zum HG erzielt werden, wenn die BERA-Messungen ausgeprägte Wellen zeigen und nicht desynchronisiert sind. Wobei Reffet et al. auch empfehlen, den Trageversuch bei allen Patienten durchzuführen.



## 4 Diskussion

Insgesamt lässt sich aus den Studien zu HG ableiten, dass die Compliance der Patienten die Geräte zu tragen eingeschränkt ist. Doch diese ist für den Gebrauch von HG sehr wichtig. Durch eine Implantation eines Gerätes kann die Tragehäufigkeit verbessert werden, doch auch hier muss geübt werden und es gibt eine längere Anpassungszeit und auch einen notwendigen operativen Eingriff mit Narkose und den damit einhergehenden Risiken. In den letzten Jahrzehnten hat die Versorgung mit implantierbaren HG immer weiter zugenommen, auch bei der Versorgung von VS-Patienten. So ist in der S2k-Leitlinie „Cochlea-Implant Versorgung“ der Deutschen Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Hals-Chirurgie e.V. auch die Erwähnung der CI-Versorgung nach Therapie eines VS zu finden. Zu Beginn der CI-Implantationen gab es viel Kritik von allen Seiten, heute ist es jedoch ein anerkanntes Verfahren, das stetig weiter erforscht und verbessert wird (O'Donoghue, 2013).

Während 2010 die audiologische Rehabilitation bei einseitigem Hörverlust, ein häufiges Erstsymptom des VS, meist mittels BAHA und CROS-HG stattfand und das CI nur eine Therapieoption war (Bishop & Eby, 2010), so entscheiden sich heute doch immer mehr für ein CI mit einem oftmals vorhergehenden CROS-Trageversuch, so auch bei dem Patienten des untersuchten Patientenkollektivs.

2019 gab es eine Zusammenstellung einiger Studien zur CI-Versorgung bei sporadischen VS, bei der dennoch insgesamt nur 45 Patienten betrachtet wurden. Hier wird ein Problem der Kombination von CI und VS evident: Beides sind sehr umschriebene klinische Bereiche und eine Kombination zusammen dementsprechend noch seltener. Bei einer so geringen Patientenzahl stellt sich auch die Frage nach der Aussagekraft einer solchen Übersicht. Allgemein stieg im Review von Bartindale et al. der mittlere WRS nach der Implantation durchschnittlich von 30 auf 56.4% mit CI-Versorgung und bei allen Patienten mit einem Tinnitus vor der Implantation und Tumorsektion verbesserte sich dieser nach dem Eingriff. Vor der Implantation muss eine ausreichende Funktion des betroffenen Hörnervs nachgewiesen werden. Die Autoren geben weiter als hohe Priorität an, dass der Patient motiviert sein muss, den richtigen Umgang mit dem

## 4 Diskussion

Gerät zu erlernen, und eine entsprechend hohe Compliance aufweist (Bartindale et al., 2019). Die Verbesserung des Wortverständnisses bewegte sich bei dem Patienten mit CI-Versorgung in ähnlichen Bereichen, wie das der konservativen Versorgung der Patienten der vorliegenden Studie. So gibt es für beide Versorgungen zwar unterschiedliche Indikationen, aber jeweils auch gute klinische Ergebnisse.

Ein weiterer Review wurde 2020 von Wick et al. veröffentlicht, bei dem die Ergebnisse von 93 Patienten aus 29 Studien zusammengefasst wurden. Auch hier zeigt sich die Problematik der kleinen Probandengruppen aus den einzelnen Studien: z.T. wurden auch nur Fallberichte untersucht. Diese können eingeschränkt repräsentativ sein, da eher positive Fallberichte als negative veröffentlicht werden. Untersucht wurde hier der tägliche Gebrauch der CIs, der bei durchschnittlich 83.9% lag, und das Erreichen eines Freifeld-Sprachverständnis, das bei 54.8% lag. Des Weiteren sollte in der Studie überprüft werden, ob es Unterschiede in diesen Punkten gab, wenn die Implantation und die Exzision des VS in einer Operation stattfand oder wenn es ein zweizeitiges Vorgehen gab. Hierbei konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. (Wick et al., 2020)

In einer Studie von Aschendorff et al. wird die simultane Tumorresektion und CI-Implantation empfohlen, wobei hier nur intralabyrinthäre Schwannome untersucht wurden. Zudem zeigte sich eine stetige Verbesserung im Freiburger-Einsilbertest in den ersten 12 Monaten (Aschendorff et al., 2017). Auch bei dem in der vorliegenden Studie betrachteten CI-Patienten konnte eine Verbesserung der Ergebnisse dieser sprachaudiometrischen Untersuchung im Verlauf nachgewiesen werden.

Wie schon mehrfach erwähnt wurde, ist die Compliance der Patienten einer der wichtigsten Faktoren für eine sinnvolle HG-Versorgung. Es gibt immer wieder Patienten, welche schon bei Indikationsstellung und ohne Trageversuch, die Versorgung strikt ablehnen. Doch was sind die Hintergründe dieser

## 4 Diskussion

Entscheidung? Gibt es demographische oder audiometrische Faktoren, die Einfluss haben könnten?

80% der Patienten der vorliegenden Arbeit, die nach der Operation mit einem HG erstversorgt wurden, waren präoperativ in AAO-HNS-Klasse A oder B. Von den Patienten, die eine Versorgung strikt ablehnten, waren es 89%. Von der erstgenannten Kohorte waren im Follow-Up noch 70% Teil dieser Hörklassen, wobei sich einige Patienten sogar verbesserten. Das durchschnittliche Alter der Versorgten lag bei 55,7 Jahren und die Spanne zwischen 30 und 75 Jahren. Dies zeigt die große Indikationsweite für konservative HG, die in allen Altersklassen nutzbar sind. Die Patienten, die trotz des postoperativen Verbleibs in Hörklasse D eine Versorgung mit einem HG ablehnten, waren durchschnittlich 46,8 Jahre alt. Die Altersspanne reichte hier von 32 bis 57 Jahren. Bei ihnen trat auch im Verlauf nach der Operation keine starke Verbesserung ihres Hörvermögens auf. Die Gründe, weswegen sie eine Versorgung ablehnen, können vielfältig sein. Zum einen wäre es möglich, dass sie durch die Verschlechterung des Hörvermögens und auch der fehlenden Verbesserung im Follow-Up, keine Verbesserung selbst durch ein HG erwarten. Auch waren diese Patienten jünger als die versorgte Kohorte. Möglicherweise spielt hier das äußere Erscheinungsbild mit einem HG eine größere Rolle. Es wäre aber auch möglich, dass sie das Hören mit einem normal funktionierenden Ohr als ausreichend einstufen. Eine erneute Konsultation der HNO-ärztlichen Versorgung kann bei Verschlechterung des zweiten Ohres evtl. erwartet werden. Bei den restlichen Patienten, die strikt ein HG ablehnten, konnte eine deutliche Verbesserung des Hörvermögens im Follow-Up beobachtet werden. Ein Grund für ihre Ablehnung könnte sein, dass sie subjektiv gut genug hören und durch diese starke Verbesserung im Verlauf nach der Operation in ihrer Entscheidung bestärkt sind. Insgesamt wurden aus den vorliegenden Daten keine demographischen oder audiometrischen Einflussfaktoren auf die Verwendung von HG gefunden. Dies ist auch durch die kleine Kohorte bedingt. Trotz intensiver Literaturrecherche konnte keine vergleichbare Arbeit zum Thema VS und Hörrehabilitation mit konservativen HG oder VS und Ablehnung einer Versorgung mit HG gefunden werden.

## 4 Diskussion

Neben physischen Faktoren und dem subjektiven Höreindruck, ist eine Entscheidung für oder gegen ein HG eine individuelle Entscheidung, die jede Person für sich selbst treffen muss. Der Auftrag an die Klinik und die medizinische Forschung ist es, den Patienten in der Aufklärung alle therapeutischen Optionen hinreichend ausführlich darzustellen und dabei die Benefits v.a. auch der konservativen HG-Versorgung, wie sie auch in dieser Arbeit erhoben werden konnten, zu vermitteln.

Die CI-Versorgung der VS-Patienten wird immer besser untersucht und zeigt positive Entwicklungen. Doch auch die konservative Versorgung der Patienten sollte nicht unterschätzt werden. Welche Patienten nun von dieser besonders profitieren oder wie die Compliance verbessert werden könnte, sollte Gegenstand weiterer Studien sein. Dabei sollte eine LQ-Analyse von VS-Patienten, welche mit einem konservativen HG versorgt sind, in den nächsten Jahren erfolgen, evtl. auch um mit etwaigen positiven Daten den Patienten mehr Anreize für eine Versorgung mit einem HG zu geben.

### 4.4 Limitationen

Im Kapitel Diskussion wurden bereits einige Limitationen der vorliegenden Arbeit erwähnt, hier wurden sie noch einmal zusammengefasst. Zunächst sind die Schwierigkeiten bei der Literaturrecherche zum Thema Vestibularisschwannom zu nennen. Es gibt viele Studien bzgl. des Hörerhalts nach transtemporaler Resektion, die sich jedoch durch unterschiedliche Hörklassifikationen, der Definition des Hörerhalts oder besonderen Einschlussfaktoren wie z.B. ein jüngeres Alter der Studienpopulation unterscheiden. Dadurch wurde der Vergleich mit den eigenen Daten erschwert.

Besonders eingeschränkt waren die Ergebnisse bei der Literaturrecherche zu Arbeiten hinsichtlich der vestibulären Funktion nach transtemporaler Tumorsektion und der postoperativen Hörrehabilitation. Die Zahl der diesbezüglichen Veröffentlichungen ist gering und die in der vorliegenden Arbeit adressierten Themen vor allem zur Versorgung mit konservativen HG nach der Operation sind wenig untersucht. Ein möglicher Grund dafür zeigte sich auch in

## 4 Diskussion

der vorliegenden Analyse: Es gab nur eine niedrige Zahl von Patienten, die postoperativ mit einem konservativen HG versorgt wurden. Eine Erhöhung der Probandenzahl könnte möglicherweise noch stärkere Aussagen bzgl. des Benefits einer solchen Versorgung ermöglichen und mehr Patienten von einer konservativen Hörhilfe überzeugen. Dies ist ein wichtiger Schritt im Prozess der Hörrehabilitation nach einer Operation und sollte in den kommenden Jahren weiter im Fokus sein.

Darüber hinaus findet sich in der Literatur zu dem Thema Vestibularisfunktion bei VS ein großes Spektrum an Bezeichnungen für Schwindel, was die Ergebnisse in Befragungen und Fragebögen verzerren könnte.

Eine weitere Limitation der vorliegenden retrospektiven Studie ist, dass keine neuen, möglicherweise interessanten Daten während der Arbeit an dieser erhoben werden konnten und so zum Teil nur geringe Zahlen von postoperativen Vestibularis-Funktionsprüfungen ausgewertet werden konnten. Es könnte sein, dass postoperativ eine solche Diagnostik nur bei Patienten durchgeführt wurde, die subjektiv starke Schwindelbeschwerden angaben. Das könnte das Ergebnis der postoperativen Bogengangsfunktion ins Negative verzerren, weil Bogengänge mit höheren Funktionen nicht eingeschlossen wurden.

## 5 Zusammenfassung

Das Vestibularisschwannom ist ein Tumor, dessen Entstehung noch nicht vollständig geklärt ist. Jeder kann von dieser seltenen Erkrankung betroffen sein. Darum ist es wichtig, die Ergebnisse der verschiedenen Therapieoptionen regelmäßig aufzuarbeiten und die Möglichkeiten einer Hörrehabilitation mit konventionellen oder implantierbaren Hörsystemen sowie Ansätze zur Schwindelrehabilitation oder einer möglichen Prähabilitation zu evaluieren. Mit der transtemporalen mikrochirurgischen Tumorexstirpation kann eine Heilung und bei einem großen Teil der Patienten auch ein Hörerhalt erzielt werden. Je jünger die Patienten sind, aber vor allem auch je besser sie vor der Operation hören, desto höher sind auch die Chancen auf einen Hörerhalt. Es zeigte sich jedoch auch, dass bei Patienten mit initial schlechterem Hören, welche dann operiert wurden, dieses zum Teil wieder verbessert werden konnte. Daher sind Ansätze, mehr Patienten eine transtemporale Tumorsektion anzubieten durchaus sinnvoll, auch um die Chancen auf eine Hörverbesserung zu ermöglichen. Des Weiteren sollte auch bei Patienten mit Schwindelbeschwerden eine Operation als Behandlungsoption erwogen werden. Die Prähabilitation mit Gentamicin-Injektionen in das Mittelohr scheint eine neue Möglichkeit zu sein, das zentrale Nervensystem schon auf den Ausfall des Vestibularorgans vorzubereiten. Durch die ototoxische Wirkung des Gentamicins und den potenziellen Hörverlust, wäre jedoch eine Kombination dieser Prähabilitation mit einem hörerhaltenden Eingriff über den transtemporalen Zugang risikobehaftet. Eine zentrale Kompensation der Schwindelbeschwerden sollte nach dem Eingriff mit einer gezielten Schwindelrehabilitation unterstützt werden. Während bei dieser vor allem physiotherapeutische Übungen angewandt werden, gibt es im Hinblick auf eine Hörrehabilitation schon verschiedene medizintechnische Optionen. Aktuell gibt es vor allem Studien zu den implantierbaren Hörhilfen und neue Daten zu den konservativen Möglichkeiten einer Hörrehabilitation sind eher die Ausnahme. Die Nutzung einer konservativen Hörhilfe sollte jedoch vor dem Entscheid zu einer operativen Lösung über implantierbare Systeme konsequent angewandt werden. Die in dieser Arbeit aufgezeigten positiven Momente bei der

## 5 Zusammenfassung

Versorgung von VS-Patienten prä- und posttherapeutisch mit herkömmlichen Hörgeräten sollten weiteren Eingang in die klinische Routine finden.

## 6 Literaturverzeichnis

- Ahmed, S., Arts, H. A., El-Kashlan, H., Basura, G. J., Thompson, B. G., Telian, S. A. (2018). Immediate and Long-term Hearing Outcomes With the Middle Cranial Fossa Approach for Vestibular Schwannoma Resection. *Otol Neurotol*, 39(1), 92-98. doi:10.1097/mao.0000000000001623
- American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery Foundation (1995). Committee on Hearing and Equilibrium guidelines for the evaluation of hearing preservation in acoustic neuroma (vestibular schwannoma). *Otolaryngol Head Neck Surg*, 113(3), 179-180. doi:10.1016/s0194-5998(95)70101-x
- Andresen, D., Ernst, A., Basta, D. (2012). *Gleichgewichtsstörungen: Diagnostik und Therapie beim Leitsymptom Schwindel*. (1. Auflage) Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Aschendorff, A., Arndt, S., Laszig, R., Wesarg, T., Hassepaß, F., Beck, R. (2017). Therapie und Hörrehabilitation intralabyrinthärer Schwannome mittels Cochlear Implant. *HNO*, 65(4), 321-327. doi:10.1007/s00106-016-0216-9
- Babu, R., Sharma, R., Bagley, J. H., Hatef, J., Friedman, A. H., Adamson, C. (2013). Vestibular schwannomas in the modern era: epidemiology, treatment trends, and disparities in management. *J Neurosurg*, 119(1), 121-130. doi:10.3171/2013.1.Jns121370
- Barth, H., Schön, R. (2012). *Duale Reihe Chirurgie* (4., aktualisierte Auflage) Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Bartindale, M. R., Tadokoro, K. S., Kircher, M. L. (2019). Cochlear Implantation in Sporadic Vestibular Schwannoma: A Systematic Literature Review. *J Neurol Surg B Skull Base*, 80(6), 632-639. doi:10.1055/s-0038-1676768
- Baser, M. E., Friedman, J. M., Joe, H., Shenton, A., Wallace, A. J., Ramsden, R. T., Evans, D. G. (2011). Empirical development of improved diagnostic criteria for neurofibromatosis 2. *Genet Med*, 13(6), 576-581. doi:10.1097/GIM.0b013e318211faa9
- Bishop, C. E., Eby, T. L. (2010). The current status of audiologic rehabilitation for profound unilateral sensorineural hearing loss. *Laryngoscope*, 120(3), 552-556. doi:10.1002/lary.20735
- Blödow, A., Helbig, R., Wichmann, N., Wenzel, A., Walther, L. E., Bloching, M. B. (2013). Video-Kopfimpulstest oder thermische Prüfung? Zeitgemäße Funktionsdiagnostik des Vestibularisschwannoms. *HNO*, 61(9), 781-785. doi:10.1007/s00106-013-2752-x
- Bohr, C., Müller, S., Hornung, J., Hoppe, U., Iro, H. (2017). Hörrehabilitation mit Cochleaimplantaten nach translabyrinthärer Vestibularisschwannomresektion. *HNO*, 65(9), 758-765. doi:10.1007/s00106-017-0404-2
- Breivik, C. N., Nilsen, R. M., Myrseth, E., Finnkirk, M. K., Lund-Johansen, M. (2013). Working disability in Norwegian patients with vestibular schwannoma: vertigo predicts future dependence. *World Neurosurg*, 80(6), e301-305. doi:10.1016/j.wneu.2013.03.069



- Brodhun, M., Stahn, V., Harder, A. (2017). Pathogenese und Molekularpathologie des Vestibularisschwannoms. *HNO*, 65(5), 362-372. doi:10.1007/s00106-016-0201-3
- Califano, L., Salafia, F., Melillo, M. G., Mazzone, S. (2017). Sensitivity and specificity of vestibular bed-side examination in detecting VIII cranial nerve schwannoma with sensorineural sudden unilateral hearing loss as presenting symptom. *Acta Otorhinolaryngol Ital*, 37(4), 336-340. doi:10.14639/0392-100x-1284
- Carlson, M. L., Tveiten Ø, V., Driscoll, C. L., Goplen, F. K., Neff, B. A., Pollock, B. E., Link, M. J. (2015). What drives quality of life in patients with sporadic vestibular schwannoma? *Laryngoscope*, 125(7), 1697-1702. doi:10.1002/lary.25110
- Caye-Thomasen, P., Dethloff, T., Hansen, S., Stangerup, S. E., Thomsen, J. (2007). Hearing in patients with intracanalicular vestibular schwannomas. *Audiol Neurootol*, 12(1), 1-12. doi:10.1159/000096152
- Charabi, S., Tos, M., Thomsen, J., Charabi, B., Manton, M. (2000). Vestibular schwannoma growth: the continuing controversy. *Laryngoscope*, 110(10 Pt 1), 1720-1725. doi:10.1097/00005537-200010000-00030
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2. Auflage). Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates.
- Deberge, S., Meyer, A., Le Pabic, E., Peigne, L., Morandi, X., Godey, B. (2018). Quality of life in the management of small vestibular schwannomas: Observation, radiotherapy and microsurgery. *Clin Otolaryngol*, 43(6), 1478-1486. doi:10.1111/coa.13203
- DeMonte, F., Gidley, P. W. (2012). Hearing preservation surgery for vestibular schwannoma: experience with the middle fossa approach. *Neurosurg Focus*, 33(3), E10. doi:10.3171/2012.7.Focus12172
- Drusin, M. A., Lubor, B., Losenegger, T., Selesnick, S. (2020). Trends in hearing rehabilitation use among vestibular schwannoma patients. *Laryngoscope*, 130(6), 1558-1564. doi:10.1002/lary.28316
- Foley, R. W., Shirazi, S., Maweni, R. M., Walsh, K., McConn Walsh, R., Javadpour, M., Rawluk, D. (2017). Signs and Symptoms of Acoustic Neuroma at Initial Presentation: An Exploratory Analysis. *Cureus*, 9(11), e1846. doi:10.7759/cureus.1846
- Gardner, G., Robertson, J. H. (1988). Hearing preservation in unilateral acoustic neuroma surgery. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 97(1), 55-66. doi:10.1177/000348948809700110
- Ginzkey, C., Scheich, M., Harnisch, W., Bonn, V., Ehrmann-Müller, D., Shehata-Dieler, W., Hagen, R. (2013). Outcome on hearing and facial nerve function in microsurgical treatment of small vestibular schwannoma via the middle cranial fossa approach. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 270(4), 1209-1216. doi:10.1007/s00405-012-2074-8
- Gjuric, M., Rudic, M. (2008). What is the best tumor size to achieve optimal functional results in vestibular schwannoma surgery? *Skull Base*, 18(5), 317-325. doi:10.1055/s-0028-1086056
- Grauvogel, J., Kaminsky, J., Rosahl, S. K. (2010). The impact of tinnitus and vertigo on patient-perceived quality of life after cerebellopontine angle

- surgery. *Neurosurgery*, 67(3), 601-610.  
doi:10.1227/01.Neu.0000374725.19259.Ea
- House, W. F. (1961). Surgical exposure of the internal auditory canal and its contents through the middle, cranial fossa. *Laryngoscope*, 71, 1363-1385. doi:10.1288/00005537-196111000-00004
- Hrubá, S., Chovanec, M., Čada, Z., Balatková, Z., Fík, Z., Slabý, K., Čakrt, O. (2019). The evaluation of vestibular compensation by vestibular rehabilitation and prehabilitation in short-term postsurgical period in patients following surgical treatment of vestibular schwannoma. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 276(10), 2681-2689. doi:10.1007/s00405-019-05503-8
- Jacob, A., Robinson, L. L., Jr., Bortman, J. S., Yu, L., Dodson, E. E., Welling, D. B. (2007). Nerve of origin, tumor size, hearing preservation, and facial nerve outcomes in 359 vestibular schwannoma resections at a tertiary care academic center. *Laryngoscope*, 117(12), 2087-2092. doi:10.1097/MLG.0b013e3181453a07
- Kießling, J., Kollmeier, B., Diller, G. (2008). *Versorgung und Rehabilitation mit Hörgeräten* (2. Auflage). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Kim, G., Hullar, T. E., Seo, J. H. (2020). Comparison of balance outcomes according to treatment modality of vestibular schwannoma. *Laryngoscope*, 130(1), 178-189. doi:10.1002/lary.27830
- Kompis, M. (2013). *Audiologie* (3. Auflage). Bern: Hogrefe Verlag.
- Koos, W. T., Day, J. D., Matula, C., Levy, D. I. (1998). Neurotopographic considerations in the microsurgical treatment of small acoustic neurinomas. *J Neurosurg*, 88(3), 506-512. doi:10.3171/jns.1998.88.3.0506
- Kutz, J. W., Jr., Scoresby, T., Isaacson, B., Mickey, B. E., Madden, C. J., Barnett, S. L., Roland, P. S. (2012). Hearing preservation using the middle fossa approach for the treatment of vestibular schwannoma. *Neurosurgery*, 70(2), 334-340. doi:10.1227/NEU.0b013e31823110f1
- Laszig, R., Lehnhardt, E., Hesse, G., Janssen, T., Kinkel, M. (2009). *Praxis der Audiometrie* (9. Auflage). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Lenarz, T., Boeninghaus, H.-G. (2012). *Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde* (14. Auflage). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Macielak, R. J., Marinelli, J. P., Spear, S. A., Hahs-Vaughn, D. L., Link, M. J., Nye, C., Carlson, M. L. (2021). Hearing Status and Aural Rehabilitative Profile of 878 Patients With Sporadic Vestibular Schwannoma. *Laryngoscope*, 131(6), 1378-1381. doi:10.1002/lary.29315
- Meyer, T. A., Canty, P. A., Wilkinson, E. P., Hansen, M. R., Rubinstein, J. T., Gantz, B. J. (2006). Small acoustic neuromas: surgical outcomes versus observation or radiation. *Otol Neurotol*, 27(3), 380-392. doi:10.1097/00129492-200604000-00015
- Neuhauser, H. K. (2016). The epidemiology of dizziness and vertigo. *Handb Clin Neurol*, 137, 67-82. doi:10.1016/b978-0-444-63437-5.00005-4
- Nilsen, K. S., Lund-Johansen, M., Nordahl, S. H. G., Finnkirk, M., Gøplen, F. K. (2019). Long-term Effects of Conservative Management of Vestibular Schwannoma on Dizziness, Balance, and Caloric Function. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 161(5), 846-851. doi:10.1177/0194599819860831

- O'Donoghue, G. (2013). Cochlear implants-science, serendipity and success. *N Engl J Med*, 369(13), 1190-1193. doi:10.1056/NEJMp1310111
- Plontke, S. K., Rahne, T., Pfister, M., Gotze, G., Heider, C., Pazaitis, N., Kosling, S. (2017). Intralabyrinthäre Schwannome: Chirurgisches Management und Hörrehabilitation mit Cochleaimplantaten. *HNO*, 65(5), 419-433. doi:10.1007/s00106-017-0361-9
- Quist, T. S., Givens, D. J., Gurgel, R. K., Chamoun, R., Shelton, C. (2015). Hearing preservation after middle fossa vestibular schwannoma removal: are the results durable? *Otolaryngol Head Neck Surg*, 152(4), 706-711. doi:10.1177/0194599814567874
- Rabelo de Freitas, M., Russo, A., Sequino, G., Piccirillo, E., Sanna, M. (2012). Analysis of hearing preservation and facial nerve function for patients undergoing vestibular schwannoma surgery: the middle cranial fossa approach versus the retrosigmoid approach--personal experience and literature review. *Audiol Neurootol*, 17(2), 71-81. doi:10.1159/000329362
- Raheja, A., Bowers, C. A., MacDonald, J. D., Shelton, C., Gurgel, R. K., Brimley, C., Couldwell, W. T. (2016). Middle Fossa Approach for Vestibular Schwannoma: Good Hearing and Facial Nerve Outcomes with Low Morbidity. *World Neurosurg*, 92, 37-46. doi:10.1016/j.wneu.2016.04.085
- Rahne, T., Plontke, S. K., Vordermark, D., Strauss, C., Scheller, C. (2020). Hörklassen bei Patienten mit Vestibularisschwannom bei Verwendung deutschsprachiger Testverfahren. *HNO*. doi:10.1007/s00106-020-00948-4
- Reffet, K., Lescanne, E., Bobillier, C., Aussedat, C., Bakhos, D. (2018). Hearing aids in patients with vestibular schwannoma: Interest of the auditory brainstem responses. *Clin Otolaryngol*. doi:10.1111/coa.13099
- Roosli, C., Linthicum, F. H., Jr., Cureoglu, S., Merchant, S. N. (2012). What is the site of origin of cochleovestibular schwannomas? *Audiol Neurootol*, 17(2), 121-125. doi:10.1159/000331394
- Scheich, M., Ehrmann-Muller, D., Shehata-Dieler, W., Hagen, R. (2017). Höregebnisse nach transtemporaler Resektion kleiner (T1/T2) Akustikusneurinome. *HNO*, 65(9), 751-757. doi:10.1007/s00106-016-0228-5
- Scheich, M., Ginzkey, C., Reuter, E., Harnisch, W., Ehrmann, D., Hagen, R. (2014). Quality of life after microsurgery for vestibular schwannoma via the middle cranial fossa approach. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 271(7), 1909-1916. doi:10.1007/s00405-013-2671-1
- Schmäl, F. (2020). Effektive Diagnostik bei Schwindel und Gleichgewichtsstörungen. *HNO*, 68, 703–716. doi:10.1007/s00106-020-00910-4
- Schulz, C., Eßer, D., Rosahl, S., Baljić, I., Kösling, S., Plontke, S. K. (2018). Management des Vestibularisschwannoms. *Laryngorhinootologie*, 97(12), 875-896. doi:10.1055/a-0652-7096
- Schünke, M., Schulte, E., Schumacher, U., Voll, M., Wesker, K. H. (2018). *Prometheus LernAtlas - Kopf, Hals und Neuroanatomie* (5. Auflage). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.

- Schwager, K., Baier, G., Helms, J., Hagen, R. (2008). Ergebnisse otochirurgisch operierter Patienten mit Akustikusneurinom. Teil 2: Hörergebnisse nach transtemporaler Resektion. *Laryngorhinootologie*, 87(9), 629-633. doi:10.1055/s-2007-995705
- Shiobara, R., Ohira, T., Inoue, Y., Kanzaki, J., Kawase, T. (2008). Extended middle cranial fossa approach for vestibular schwannoma: technical note and surgical results of 896 operations. *Prog Neurol Surg*, 21, 65-72. doi:10.1159/000156595
- Stangerup, S. E., Tos, M., Thomsen, J., Caye-Thomasen, P. (2010). True incidence of vestibular schwannoma? *Neurosurgery*, 67(5), 1335-1340. doi:10.1227/NEU.0b013e3181f22660
- Thomeer, H., Bonnard, D., Franco-Vidal, V., Porez, F., Darrouzet, P., Liguoro, D., Darrouzet, V. (2015). Prognostic Factors of Balance Quality After Transpetrosal Vestibular Schwannoma Microsurgery: An Instrumentally and DHI-based Prospective Cohort Study of 48 Patients. *Otol Neurotol*, 36(5), 886-891. doi:10.1097/mao.0000000000000740
- Thumfart, W. F., Gunkel, A., Platzer, W. (1998). *Operative Zugangswege in der HNO-Heilkunde* (1. Auflage). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Tjernström, F., Fransson, P. A., Kahlon, B., Karlberg, M., Lindberg, S., Siesjö, P., Magnusson, M. (2018). PREHAB vs. REHAB - presurgical treatment in vestibular schwannoma surgery enhances recovery of postural control better than postoperative rehabilitation: Retrospective case series. *J Vestib Res*, 27(5-6), 313-325. doi:10.3233/ves-170626
- Tolisano, A. M., Hunter, J. B. (2019). Hearing Preservation in Stereotactic Radiosurgery for Vestibular Schwannoma. *J Neurol Surg B Skull Base*, 80(2), 156-164. doi:10.1055/s-0039-1677680
- Tonn, J. C., Schlake, H. P., Goldbrunner, R., Milewski, C., Helms, J., Roosen, K. (2000). Acoustic neuroma surgery as an interdisciplinary approach: a neurosurgical series of 508 patients. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 69(2), 161-166. doi:10.1136/jnnp.69.2.161
- Vincent, C., Bonne, N. X., Guérin, C., Lebreton, J. P., Devambe, M., Dubrulle, F., Vaneecloo, F. M. (2012). Middle fossa approach for resection of vestibular schwannoma: impact of cochlear fossa extension and auditory monitoring on hearing preservation. *Otol Neurotol*, 33(5), 849-852. doi:10.1097/MAO.0b013e318254ede3
- Wang, A. C., Chinn, S. B., Than, K. D., Arts, H. A., Telian, S. A., El-Kashlan, H. K., Thompson, B. G. (2013). Durability of hearing preservation after microsurgical treatment of vestibular schwannoma using the middle cranial fossa approach. *J Neurosurg*, 119(1), 131-138. doi:10.3171/2013.1.Jns1297
- Wick, C. C., Butler, M. J., Yeager, L. H., Kallogjeri, D., Durakovic, N., McJunkin, J. L., Buchman, C. A. (2020). Cochlear Implant Outcomes Following Vestibular Schwannoma Resection: Systematic Review. *Otol Neurotol*, 41(9), 1190-1197. doi:10.1097/mao.0000000000002784
- Woodson, E. A., Dempewolf, R. D., Gubbels, S. P., Porter, A. T., Oleson, J. J., Hansen, M. R., Gantz, B. J. (2010). Long-term hearing preservation after microsurgical excision of vestibular schwannoma. *Otol Neurotol*, 31(7), 1144-1152. doi:10.1097/MAO.0b013e3181edb8b2

## 6 Literaturverzeichnis

Yates, P. D., Jackler, R. K., Satar, B., Pitts, L. H., Oghalai, J. S. (2003). Is it worthwhile to attempt hearing preservation in larger acoustic neuromas? *Otol Neurotol*, 24(3), 460-464. doi:10.1097/00129492-200305000-00017

## Abkürzungsverzeichnis

AAO-HNS	American Academy of Otolaryngology – Head and Neck Surgery
Abb.	Abbildung
BAHA	Bone Anchored Hearing Aid; Knochenverankertes Hörgerät
BERA	Brainstem Evoked Response Audiometry; Hirnstamm-audiometrie
BiCROS	Bilateral – Contralateral Routing of Signals
CI	Cochlea Implantat
CROS	Contralateral Routing of Signals
GR(C)	Gardner-Robertson(-Klassifikation)
HdO-HG	Hinter-dem-Ohr-Hörgerät
HG	Hörgerät/Hörgeräte
IO-HG	Im-Ohr-Hörgerät
LQ	Lebensqualität
LZ	Langzeit
MFA	Middle Fossa Approach; transtemporaler Operationszugang
MRT	Magnetresonanztomographie
N./Nn.	Nervus/Nervi
post OP	postoperativ
prä OP	präoperativ
PTA [dB]	Pure Tone Average; Durchschnitt des Hörverlustes
RS	Retrosigmoidaler Operationszugang
SNY	Spontannystagmus
SPL	Sound Pressure Level; Schalldruckpegel
Tab.	Tabelle
T-Stadium	Tumor-Stadium
VHIT	Video-Head-Impulse-Test; Video-Kopf-Impuls-Test
VNG	Videonystagmographie
VS	Vestibularisschwannom
WRS [%]	Word Recognition Score; Wortverständnis
WRS65 [%]	Wortverständnis bei 65 dB SPL

WRSmax [%]

maximales Wortverständnis bei verschiedenen dB SPL

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Schematische Darstellung des inneren Gehörgangs mit den darin verlaufenden Nerven. Wachstum einer Raumforderung und Verdrängung der Nerven [eigene Darstellung].....	2
Abbildung 2 - Axiale Magnetresonanztomografie-Aufnahme mit Kontrastmittel in T1-Wichtung eines intrameatalen Vestibularisschwannoms links [genehmigt durch die Abteilung für Neuroradiologie des Universitätsklinikums Würzburg; Direktor: Prof. Dr. med. M. Pham] .....	5
Abbildung 3 - Axiale Magnetresonanztomografie-Aufnahme in T2-Wichtung mit CISS-Sequenz (Constructive interference in steady state) eines intrameatalen Vestibularisschwannoms links. [genehmigt durch die Abteilung für Neuroradiologie des Universitätsklinikums Würzburg; Direktor: Prof. Dr. med. M. Pham].....	5
Abbildung 4 - Operationssitus einer transtemporalen Vestibularisschwannom-Exstirpation. [HNO-Universitätsklinik Würzburg, Abdruck genehmigt durch Prof. Dr. med. Dr. h.c. R. Hagen].....	9
Abbildung 5 - Einteilung des Hörvermögens nach der American Academy of Otolaryngology - Head and Neck Surgery Foundation (AAO-HNS) - Klassifikation (1995) .....	11
Abbildung 6 - Einteilung nach beiden Hörklassifikationen und Word Recognition Score-Definitionen.....	12
Abbildung 7 - Vorgehen der Auswertung der Hörerhaltsraten nach Hörklassifikationen .....	13
Abbildung 8 - Streudiagramm von AAO-HNS-Klasse präoperativ mit einem WRS bei 65 dB SPL und dem Alter zum Zeitpunkt der Operation.....	29
Abbildung 9 - Streudiagramm von AAO-HNS-Klasse präoperativ bei maximalem WRS und dem Alter zum Zeitpunkt der Operation .....	30
Abbildung 10 - Streudiagramm von GR-Klasse präoperativ mit einem WRS bei 65 dB SPL und dem Alter zum Zeitpunkt der Operation.....	30
Abbildung 11 - Streudiagramm von GR-Klasse präoperativ bei maximalem WRS und dem Alter zum Zeitpunkt der Operation .....	31



Abbildung 12 - Streudiagramm von AAO-HNS-Klasse postoperativ und präoperativ bei maximalem WRS .....	32
Abbildung 13 - Streudiagramm von GR-Klasse postoperativ und präoperativ bei maximalem WRS.....	33
Abbildung 14 - Streudiagramm von präoperativer Funktion des posterioren Bogenganges und dem Alter zum Zeitpunkt der Operation.....	34

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Tumorstadieneinteilung nach Koos (1998).....	3
Tabelle 2 - Demographische Daten der Studienkohorte.....	8
Tabelle 3 - Einteilung des Hörvermögens nach Gardner-Robertson-Klassifikation (1988) .....	12
Tabelle 4 - Einteilung nach AAO-HNS-Klassifikation von allen Patienten mit einem WRS bei 65 dB SPL. ....	18
Tabelle 5 - Einteilung nach AAO-HNS-Klassifikation von Patienten, welche initial Hörklasse A oder B angehörten, mit einem WRS bei 65 dB SPL.....	19
Tabelle 6 - Einteilung nach GR-Klassifikation von allen Patienten mit einem WRS bei 65 dB SPL. ....	19
Tabelle 7 - Einteilung nach GR-Klassifikation von Patienten, welche initial Hörklasse 1 bis 3 angehörten, mit einem WRS bei 65 dB SPL. ....	20
Tabelle 8 - Einteilung nach AAO-HNS-Klassifikation von allen Patienten bei maximalem WRS.....	21
Tabelle 9 - Einteilung nach AAO-HNS-Klassifikation von Patienten, welche initial Hörklasse A oder B angehörten, bei maximalem WRS. ....	21
Tabelle 10 - Einteilung nach GR-Klassifikation von allen Patienten bei maximalem WRS.....	22
Tabelle 11 - Einteilung nach GR-Klassifikation von Patienten, welche initial Hörklasse 1 bis 3 angehörten, bei maximalem WRS. ....	22
Tabelle 12 - Ergebnisse der präoperativen Video Head Impulse Test (VHIT)-Untersuchung mit Einteilung nach Gain-Wert.....	23
Tabelle 13 - Ergebnisse der postoperativen Video Head Impulse Test (VHIT)-Untersuchung mit Einteilung nach Gain-Wert.....	24
Tabelle 14 - Verlauf der sprachaudiometrischen Befunde der Patienten mit postoperativer, konservativer Hörgeräteversorgung.....	25
Tabelle 15 - Einteilung der Patienten mit postoperativer, konservativer Hörgeräteversorgung nach der AAO-HNS-Klassifikation bei maximalem WRS. ....	26
Tabelle 16 - Verlauf der sprachaudiometrischen Befunde der Patienten, die eine postoperative, konservative Hörgeräteversorgung ablehnten. ....	27

Tabelle 17 - Einteilung der Patienten, die eine postoperative, konservative Hörgeräteversorgung ablehnten, nach der AAO-HNS-Klassifikation bei maximalem WRS.....	27
Tabelle 18 - Korrelation des Alters zum Zeitpunkt der Operation mit den Ergebnissen der Einteilungen nach AAO-HNS und GRC.....	29
Tabelle 19 - Korrelation der präoperativen Ergebnisse der Einteilung nach AAO-HNS mit den postoperativen.....	32
Tabelle 20 - Korrelation der präoperativen Ergebnisse der Einteilung nach GRC mit den postoperativen. ....	33
Tabelle 21 - Korrelation des Alters zum Zeitpunkt der Operation mit den Ergebnissen der Einteilungen des VHIT-Ergebnisses.....	34
Tabelle 22 - Korrelation der präoperativen Funktion der Bogengänge mit den Ergebnissen der Einteilungen nach AAO-HNS.....	35
Tabelle 23 - Korrelation der präoperativen Funktion der Bogengänge mit den Ergebnissen der Einteilungen nach GRC.....	36
Tabelle 24 - Hörerhaltsraten der verschiedenen Hörklassifikationen mit Einteilung nach maximalem WRS oder WRS bei 65 dB SPL von Patienten, die initial Hörklasse A/B (AAO-HNS) oder 1-3 (GRC) angehörten. ....	44
Tabelle 25 - Literaturübersicht.....	49

## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich allen beteiligten Personen meinen großen Dank aussprechen, die mich bei der Anfertigung meiner Dissertation unterstützt haben. Zunächst möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. med. Dr. h. c. Hagen bedanken, für die Möglichkeit an seinem Hause promovieren zu dürfen.

Mein besonderer Dank gilt Frau Dr. Ehrmann-Müller für die hervorragende Betreuung mit vielen guten Gesprächen und Ideen und die enorme Unterstützung bei der Umsetzung der gesamten Arbeit.

Außerdem möchte ich mich bei Frau Prof. Dr. rer. nat. Wermke bedanken, vor allem für die ausführlichen Korrekturen und wichtigen Anregungen für die Arbeit aber auch für die gesamte Zeit, die von ihr investiert wurde.

Bei meinen Eltern und Geschwistern möchte ich mich ganz besonders herzlich bedanken für die uneingeschränkte Unterstützung während meines Studiums.