

**Aus der Hals-, Nasen-, Ohrenklinik und Poliklinik
der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz**

**Hörrehabilitation bei einseitiger Ertaubung mittels Cochlea-Implantat:
Der Einfluss der subjektiven Ertaubungsdauer auf das postoperative
Einsilberverschanden nach Cochlea-Implantation**

**Inauguraldissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der
Medizin
der Universitätsmedizin
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz**

vorgelegt von

**Oliver Julian Waleka
aus Lahnstein**

Mainz, 2020

Wissenschaftlicher Vorstand:

1. Gutachter:

2. Gutachter:

Tag der Promotion:

08. Dezember 2020

**Meiner Familie und meinen Freunden
In tiefer Dankbarkeit**

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	6
1.1. Überblick.....	6
1.2. Zielsetzung	7
2. Literaturdiskussion	8
2.1. Das Hörorgan	8
2.1.1. Anatomie	8
2.1.2. Physiologie des Hörens.....	10
2.2. Klassifizierung der Schwerhörigkeit und deren Ursachen.....	11
2.2.1. Allgemeines.....	11
2.2.2. Einseitige Ertaubung und asymmetrischer sensorischer Hörverlust.....	12
2.3. Das Cochlea Implantat.....	13
2.3.1. Aufbau und Technik.....	14
2.3.2. Indikationen zur Implantation.....	14
2.3.3. Voruntersuchungen vor Implantation	15
2.4. Einflussfaktoren auf das Hörempfinden nach Cochlea Implantat-Versorgung ...	16
3. Material und Methoden.....	17
3.1. Patientenkollektiv	17
3.2. Patientengruppen	18
3.3. Demographische Daten	18
3.3.1. Geschlechterverteilung.....	18
3.3.2. Altersverteilung.....	18
3.3.3. Ertaubungsursachen	19
3.3.4. Ertaubungsdauer vor OP	20
3.3.5. Verteilung der Ertaubungsseite	20
3.3.6. Verteilung der Implantate und Elektroden nach Hersteller	21
3.3.7. Tinnitus.....	22
3.4. Methoden.....	22
3.4.1. Ein- und Ausschlusskriterien	23
3.4.2. Audiologische Untersuchungen	23
3.4.2.1. Tonaudiometrie	23
3.4.2.2. Freiburger Sprachtest.....	25
3.4.2.3. Oldenburger Satztest.....	26
3.4.2.4. Weitere sprachaudiometrische Verfahren.....	26
3.4.3. Fragebogen zur Lebensqualität	26
3.4.3.1. BBSS.....	27
3.5. Statistische Auswertung.....	27
3.5.1. Auswertung demographischer Daten.....	27
3.5.2. Auswertung audiologischer Daten	28
3.5.3. Auswertung des QoL-Fragebogens	29

4. Ergebnisse	30
4.1. Deskription der Untersuchungsergebnisse.....	30
4.2. Audiologische Daten	30
4.2.1. Tonaudiometrien	30
4.2.1.1. Präoperative Hörkurven.....	30
4.2.1.2. Hörkurve 3 Monate postoperativ.....	34
4.2.1.3. Hörkurve 12 - 36 Monate postoperativ.....	35
4.2.1.4. Mittlere Verbesserung über ausgewählte Frequenzen.....	37
4.2.2. Freiburger Sprachtest.....	39
4.2.2.1. Entwicklung des Zahlenverstehens	39
4.2.2.2. Entwicklung des Einsilberverstehens.....	41
4.2.2.3. Zusammenhang zwischen subjektiver Ertaubungsdauer und postoperativem Einsilberverstehen.....	43
4.2.2.4. Ergebnisse unter Ausschluss von <i>Non-Respondern</i>	47
4.3. Fragebogen	50
4.3.1. Ergebnisse des BBSS	50
5. Diskussion.....	51
5.1. Ergebnisse.....	51
5.1.1. Audiologische Daten.....	53
5.1.1.1. Tonaudiometrien	53
5.1.1.2. Freiburger Sprachtest.....	55
5.1.2. Fragebogen.....	58
5.1.2.1. BBSS.....	59
5.2. Methodenkritik	59
5.3. Nutzen der Ergebnisse	61
5.3.1. Audiologische Daten.....	62
5.3.2. Fragebogen.....	63
5.4. Ausblick	64
6. Zusammenfassung.....	65
Summary.....	66
Anhang.....	67
Abbildungsverzeichnis.....	69
Tabellenverzeichnis.....	69
Abkürzungsverzeichnis	70
Literaturverzeichnis	71
Danksagung	78
Lebenslauf	79

1. Einleitung

1.1. Überblick

Im Allgemeinen spricht man von den 5 Sinnen des Menschen: Dem Tast-, Riech-, Geschmacks-, Seh- und Hörsinn. Dabei kommt letzterem aufgrund seiner zentralen Rolle bei der verbalen Kommunikation eine übergeordnete Rolle im Bereich des sozialen Umgangs zu. Aufgrund der Distanz, die er überbrückt, sowie aufgrund der Möglichkeit Höreindrücke aus jeder Richtung wahrnehmen zu können, ist der Hörsinn unerlässlich im privaten und beruflichen Alltag.

Dabei lässt sich das Gewinnen von Höreindrücken in periphere und zentrale Prozesse untergliedern. An erster Stelle fungieren das Außen- und Mittelohr als Organe der mechanischen Schallaufnahme und -weiterleitung. Anschließend erfolgt die mechanoelektrische Umwandlung der Schallreize in neuronale Impulse innerhalb des Innenohres. Diese werden vom Hörnerv und den aufsteigenden Hörbahnen nach zentral weitergeleitet und lassen einen Höreindruck im auditorischen Cortex der Großhirnrinde entstehen.

Schädigungen können in allen Abschnitten der Hörbahn eintreten und in der Folge entsprechende Funktionsminderungen und -ausfälle verursachen. Je nach Ort der Schädigung bedeutet dies für betroffene Patienten Schwerhörigkeit unterschiedlichen Ausmaßes und Prognose. Dabei sind uni- und bilaterale Hörminderungen zu unterscheiden, die in allen Altersgruppen auftreten können. Die Bandbreite reicht von kongenitalen Varianten bis hin zur Altersschwerhörigkeit, die aufgrund des demographischen Wandels eine zunehmende Bedeutung erfährt.

Insgesamt leiden Betroffene unter einer Einschränkung ihrer Lebensqualität, die bis hin zur gesellschaftlichen Isolation führen kann. Insbesondere einseitige Schwerhörigkeiten, die lange Zeit nur unzureichende Rehabilitationen erfahren haben, sind mit diesen Einschränkungen vergesellschaftet (Kitterick et al., 2015). Es kommt zu deutlichen Behinderungen in Alltag, Schule und Beruf durch mangelndes Sprachverstehen in komplexen Hörsituationen, mangelnder Lokalisierbarkeit von Geräuschen und Tinnitus (Bess and Tharpe, 1988, Lieu, 2004, Wie et al., 2010).

Bei Schädigungen im Bereich der Schallaufnahme und -weiterleitung kann die moderne Mikrochirurgie des Mittelohres, eine Hörgeräteversorgung oder eine Kombination beider Verfahren in einem Großteil der Fälle Abhilfe schaffen. In fortgeschrittenen Fällen oder bei einer Innenohrläsion gibt es die Möglichkeit der Versorgung mittels implantierbarer Hörhilfen im Sinne einer Innenohrprothese (Cochlea Implantat, CI). Nach der Erstimplantation einer solchen infolge der Entwicklungen von Djourno und Eyriès im Jahre 1957, kam es seit den 1980er Jahren zunehmend zur flächendeckenden

Versorgung von Patienten mit höchstgradigen, konventionell nicht versorgbaren Hörstörungen. Das postoperative *Outcome* gestalte sich dabei zunächst sehr variabel, sodass die Indikationsstellung zur Operation, analog zum technischen und operativen Fortschritt, maßgebliche Änderungen durchlaufen hat. So implantierte man zunächst bei beidseitiger *Surditas* und anschließend auch bei hochgradiger Schwerhörigkeit mit Resthörigkeit. Aufgrund der hohen Kosten der Implantation und Nachsorge wurden erst im Verlauf des technischen Fortschritts die Implantationen bei einer einseitigen Ertaubung durch die Krankenkassen bezahlt. Die Kosten für ein Implantat belaufen sich dabei auf etwa 50.000 – 80.000 € pro Patient (Wendler et al., 2014). Mit der Weiterentwicklung von Implantattechnik und operativen Konzepten konnte die Indikationsstellung in den vergangenen 20 Jahren auf Patienten mit hochgradigen Hörstörungen, auditorischer Synaptopathie und schließlich auch einseitiger Hörstörung ausgeweitet werden. Dabei wurde die Indikationsgrenze zum CI in diesem Zeitraum immer breiter. Ferner konnten die Versorgungskonzepte der bimodalen Versorgung (Kombination aus CI auf einer Seite und Hörgerät auf der Gegenseite), der bilateralen CI-Versorgung sowie der elektrisch-akustischen Stimulation etabliert werden (von Ilberg et al., 1999). Bei letzterem handelt es sich um die Anwendung von Hörgerät und CI auf einem Ohr bei nur geringer Tiefton- und ausgeprägter Mittel- und Hochtonschwerhörigkeit.

1.2. Zielsetzung

In der vorliegenden Arbeit sollte im Rahmen einer retrospektiven Datenauswertung die Hörrehabilitation bei einseitiger Ertaubung mittels CI-Versorgung weiterführend untersucht werden. Hierzu wurden 50 Patienten identifiziert, die im Zeitraum zwischen Dezember 2009 und Juni 2017 in der Hals-, Nasen-, Ohrenklinik und Poliklinik der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz bei einseitiger Schwerhörigkeit mit einem CI versorgt worden sind. Mithilfe der Patientenakten, der audiologischen Untersuchungen sowie einer Befragung mittels Fragebogen zur Lebensqualität konnte eine Datenbank angelegt werden, die daraufhin statistisch auf folgende Fragestellungen untersucht wurde:

Übergeordnetes Ziel der Dissertation:

- Übergeordnetes Ziel war es Faktoren zu identifizieren, die eine präoperative Einschätzung für das postoperative *Outcome* nach Implantation eines CI bei einseitiger Ertaubung ermöglichen.

Hauptfragestellung:

- Stellt die subjektive Ertaubungsdauer vor Implantation eines CI bei einseitiger Ertaubung oder asymmetrischen Hörverlust einen negativen prädikativen Faktor für das postoperative Einsilberverstehen dar?

Nebenfragestellungen:

1. Wie hoch ist die mittlere Verbesserung in der тонаudiometrischen Aufblähkurve (ABK) 12 - 36 Monate postoperativ im untersuchten Kollektiv?
2. Um wieviel dB verbessert sich das Hörempfinden gemittelt über die sieben am häufigsten тонаudiometrisch verwendeten Frequenzen 3 und 12 - 36 Monate postoperativ?
3. Um wieviel dB verbessert sich das Hörempfinden gemittelt über die Rösler-Frequenzen 3 und 12 - 36 Monate postoperativ?
4. Um wieviel Prozentpunkte verbessert sich das Zahlen-/Einsilberverstehen in der Freiburger Sprachaudiometrie 3 und 12 - 36 Monate postoperativ?
5. Verbessert sich die Lebensqualität des implantierten Kollektivs nach der operativen Versorgung?

2. Literaturdiskussion

2.1. Das Hörorgan

Beim Menschen nimmt das Gehör in der sozialen Kommunikation eine zentrale Stellung ein. Es dient als Warn- und Orientierungssystem, unabhängig von der Richtung aus der ein Geräusch kommt. Im Ohr können neben dessen vestibulärer Funktion Luftdruckschwankungen aufgenommen, fortgeleitet und in neurale Signale umgewandelt werden. Zusätzlich ist ein Richtungshören und eine Schallmustererkennung möglich (Grevers et al., 2008).

2.1.1. Anatomie

Der periphere Anteil des Hör- und Gleichgewichtsorganes liegt innerhalb des Felsenbeines (*Pars petrosa ossis temporalis*). Dabei unterscheidet man ein äußeres, mittleres und inneres Ohr. Ersteres wird hierbei von der Ohrmuschel und dem äußeren Gehörgang gebildet und dient der Schallaufnahme bzw. -weiterleitung. Begrenzt durch das Trommelfell schließt sich das Mittelohr mit Paukenhöhle, Tube und den pneumatisierten Mastoidzellen an. Das Trommelfell nimmt die Luftdruckschwankungen auf und leitet diese an drei miteinander in Verbindung stehende Gehörknöchelchen

weiter. Der Hammer (*Malleus*) steht mit seinem Hammergriff direkt mit dem Trommelfell in Verbindung. Über eine gelenkige Verbindung im Sinne eines Sattelgelenkes schließt sich der Amboss (*Incus*) der Reihe an. Dessen Übertragung erfolgt über ein Gleitgelenk an das Steigbügelköpfchen. Der Steigbügel (*Stapes*) läuft in einen vorderen und hinteren Schenkel in einer Fußplatte aus und erhält Kontakt mit dem ovalen Fenster des Innenohres. Die oben genannten anatomischen Strukturen erfüllen die Aufgabe eines Schalleitungsapparates, wohingegen dem anschließenden Innenohr, neben der Beherbergung des Gleichgewichtsorganes, die Aufgabe einer Umwandlung von Schallwellen in neurale Reize zukommt. Es wird gebildet aus dem Labyrinth, den Bogengängen des vestibulären Systems und der Hörschnecke (*Cochlea*). Die knöcherne Schnecke ist zweieinhalbmal um eine Achse (*Modiolus*) gewunden, die Nerven und Gefäße enthält. Die Schnecke besteht aus zwei größeren Gängen, der *Scala vestibuli* und der *Scala tympani*. Ersterer beginnt am ovalen Fenster, während letzterer an der Rundfenstermembran seinen Abschluss findet. Beide sind mit Perilymphe gefüllt, welche in Ihrer Elektrolytzusammensetzung dem Extrazellularraum ähnelt. Die Gänge sind durch die *Lamina spiralis ossea* und den *Ductus cochlearis* im Verlauf voneinander getrennt und über das *Helicotrema* an der Schneckenspitze miteinander verbunden. Die häutige Schnecke bildet den *Ductus cochlearis*, der mit Endolympe gefüllt ist, einer von der Elektrolytzusammensetzung dem Intrazellularraum ähnelnden Flüssigkeit. Seine obere Begrenzung hin zur *Scala vestibuli* bildet die für Ionen durchlässige Reissner-Membran. Die äußere Wand der häutigen Schnecke bildet das Spiralligament, welches die für die Endolymphbildung verantwortliche *Stria vascularis* enthält. Hierüber erfolgt die Aufrechterhaltung des Kaliumkreislaufs des Innenohres. Die Basilarmembran stellt die untere Begrenzung des *Ductus cochlearis* zur *Scala tympani* dar. Auf dieser ist das Corti'sche Organ lokalisiert, welches von der Schneckenbasis bis zur Schneckenspitze an Breite zunimmt. Es besteht aus Stützzellen (innere und äußere Pfeilerzellen, Deiterszellen, Hensen-Zellen, Claudius-Zellen), die mit Corti-Lympe gefüllte Tunnel und das Stützgerüst der Sinneszellen bilden. Darüber liegt die sogenannte Tektorialmembran, die einen festen Kontakt zu den Stereozilien der äußeren und einen lockeren Kontakt zu den Stereozilien der inneren Haarzellen hat. Es gibt eine Reihe innerer und drei Reihen äußerer Haarzellen (Schünke et al., 2006).

Der zentrale Anteil des Hörorgans besteht aus den zentralen Fasern des *Ganglion spirale cochleae*, die zum Kleinhirnbrückenwinkel und über den Hirnstamm bis zum primären auditorischen Cortex im Temporallappen und der ihn umgebenden sekundären Hörrinde ziehen. Der cochleäre Anteil des *Nervus vestibulocochlearis* (N. VIII) transportiert dabei das Signal zur primären Hörrinde, von der aus in den sekundären

Arealen und dem Assoziationskortex der spezifische Höreindruck vermittelt wird (Schünke et al., 2006, Zenner, 2013).

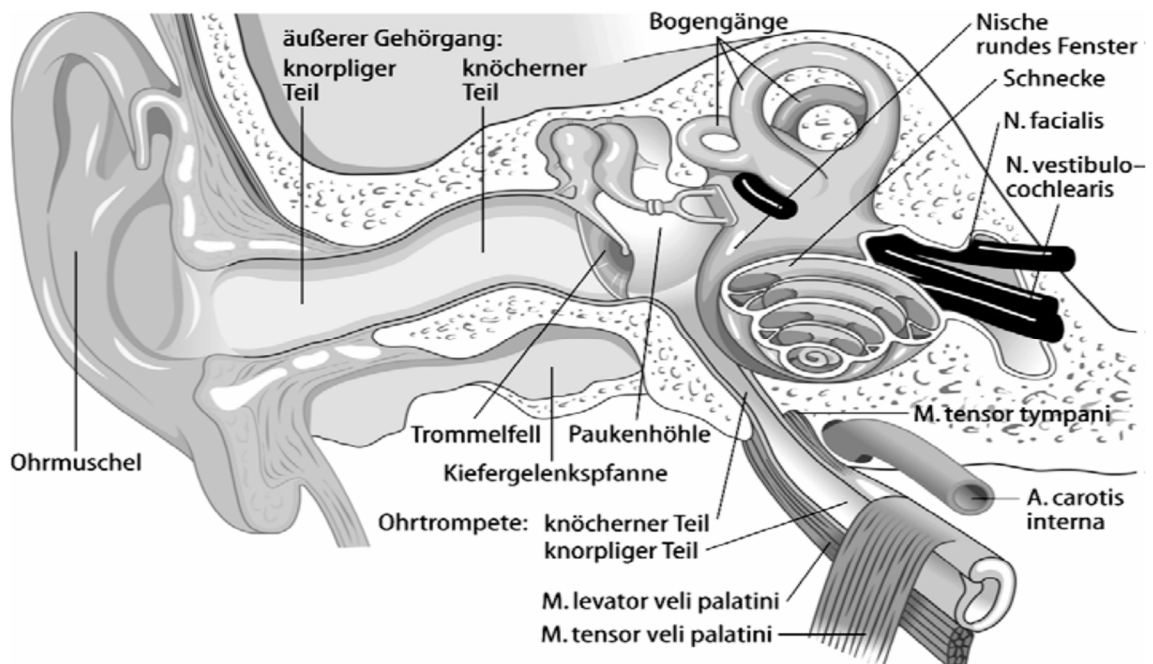


Abbildung 1: Aufbau des Hörorgans (Boenninghaus and Lenarz, 2013): Die Zeichnung zeigt den schematischen Aufbau eines gesunden Ohres bis zum Beginn der zentralen Signalweitergabe

2.1.2. Physiologie des Hörens

Der von einer Geräuschquelle ausgehende Schall wird von der Ohrmuschel eingefangen und anschließend durch den äußeren Gehörgang zum Trommelfell geleitet. Aufgrund der geringen Impedanz kann dieses im physiologischen Zustand den Großteil der Schwingungsenergie der Luft aufnehmen. Durch die Schwingungen werden die Gehörknöchelchen in der Reihenfolge Hammer, Amboss und Steigbügel in Schwingung versetzt und die Energie über die Steigbügel Fußplatte auf die Perilymphe des Innenohres übertragen. Der äußere Gehörgang und die Paukenhöhle sind mit Luft, das Innenohr mit der wasserähnlichen Lymphflüssigkeit gefüllt. Aufgrund der unterschiedlichen Schallwellenwiderstände (Impedanzen) der beiden schalleitenden Medien an der Grenzfläche zwischen Luft und Lymphe käme es aus physikalischer Sicht eigentlich zu einer Reflexion der auftretenden Schallwellen, die dem Hörvorgang nicht zur Verfügung ständen. Zur Vermeidung dieser Reflexionsverluste bedarf es einer Impedanzanpassung. Dazu ist eine Druckerhöhung am ovalen Fenster gegenüber dem Druck am Trommelfell notwendig. Dies wird physiologischerweise hauptsächlich durch das Verhältnis der Flächen von Trommelfell zu Steigbügel Fußplatte und die Verhältnisse der Längen der wirksamen Hebel der Ossikelkette erreicht. Dadurch sinkt der Reflexionsverlust im Mittelohr von ca. 98 % auf ca. 40 %. Insgesamt führt diese

Übertragungsmechanik zu einer Druckerhöhung am ovalen Fenster im Vergleich zum Trommelfell um den Faktor 22.

Bei Aufnahme dieses Schalleindrucks kommt es zur Bewegung der Basilarmembran und dadurch zur Reizung des Corti-Organs. Dabei kommt es aufgrund der physikalischen Eigenschaften der Membran zu einer Zuordnung eines Schwingungsmaximums an einer definierten Stelle der Membran zu jeder hörbaren Frequenz im Sinne einer Ortskodierung. Dies bezeichnet man als Tonotopie. So werden hohe Töne an der Schneckenbasis und tiefe Töne an der Schneckenspitze wahrgenommen.

Durch die Relativbewegung der Tektorialmembran gegenüber den darunterliegenden Haarzellen kommt es zu einem durch Kaliumeinstrom regulierten Rezeptorpotential der inneren Haarzellen und anschließend zur Glutamatfreisetzung mit nachfolgender Transformation in ein Aktionspotential der afferenten Nervenfasern. Die äußeren Haarzellen haben hierbei lautstärkeabhängig eine dämpfende oder verstärkende Wirkung auf die Auslenkung der Tektorialmembran.

Das Aktionspotential wird über den *Nervus cochlearis* und die aufsteigende Hörbahn nach zentral weitergeleitet und führt im auditorischen Cortex zu einem Höreindruck (Boenninghaus and Lenarz, 2013).

2.2. Klassifizierung der Schwerhörigkeit und deren Ursachen

Hörstörungen in allen Altersklassen können sowohl zentral durch Störungen der verschiedenen Stationen der Hörbahn als auch peripher durch Läsionen entstehen und damit einhergehend Funktionsausfälle des äußeren, Mittel- und/oder Innenohres verursachen.

2.2.1. Allgemeines

Schwerhörigkeiten lassen sich nach verschiedenen Gesichtspunkten klassifizieren. Dabei spielen die Lokalisation, das zeitliche Auftreten, die Genese und die Graduierung eine Rolle.

Die Unterteilung nach Lokalisation umfasst die Begrifflichkeiten der Schallleitungs- und Schallempfindungsschwerhörigkeiten. Schallleitungsschwerhörigkeiten beschreiben Funktionsverluste im Bereich des Außen- und Mittelohres. Es kommt zu Störungen der Schwingungsübertragung. Beispiele hierfür sind akute und chronische Mittelohrentzündungen, Trommelfeldefekte, Paukenergüsse oder Fremdkörper. Dabei ist beispielsweise die chronische Mittelohrentzündung mit Erguss (Serotympanom) die häufigste Schallleitungsstörung des Kindesalters (Esteves et al., 2014). Schallempfindungsstörungen entstehen in den meisten Fällen im Bereich des

Innenohres und können sowohl durch cochleäre, sensorische Fehlfunktionen als auch Synaptopathien bedingt sein. Auch Erkrankungen des Hörnervens, der zentralen Hörbahn oder des auditiven Kortex können zu einer sogenannten neuralen Schwerhörigkeit führen (Boenninghaus and Lenarz, 2013).

Kvestad et al. beschreibt die Schallempfindungsschwerhörigkeit (SES) als die am weitesten verbreitete primäre Sinnesstörung in den entwickelten Ländern. Bei ca. 0,1 - 0,2 % aller Geburten ist mit einer permanenten SES zu rechnen (Kvestad et al., 2014). Zu etwa 50 % ist eine SES erworben, insbesondere angeborene sowie frühkindlich erworbene Infektionskrankheiten, verschiedene Noxen und Geburtskomplikationen spielen hierbei eine Rolle (Smith et al., 2005).

Weiterhin ist die Unterscheidung im Hinblick auf das zeitliche Auftreten der Schwerhörigkeit möglich: die prä- oder perinatal erworbenen Schwerhörigkeiten sind zu 25 % genetisch und 18 % erworben bedingt (Zahnert, 2011). Dabei spielen infektiöse (Cytomegalie, Toxoplasmose, Meningitis), (geburts-)traumatische und toxische (Alkohol, Medikamente, Nikotin) Genesen eine Rolle.

Beim Erwachsenen treten zudem akute Hörstörungen infolge eines Traumas, einer infektiös-toxischen oder idiopathischen Genese auf (Chau et al., 2010).

Im Zuge des demographischen Wandels spielt die Altersschwerhörigkeit eine zunehmende Rolle, die sich durch einen Hochtonverlust auszeichnet und in einen sensorischen, neuronalen und metabolischen Typ unterteilt werden kann (Zahnert, 2011).

Wichtig für die Sprachentwicklung ist die Einteilung in prälinguale und postlinguale (bilaterale) Ertaubung. Dabei bleibt der erlernte Sprachschatz bei letzterer erhalten (Boenninghaus and Lenarz, 2013). Ferner spielt die Unterteilung in prälinguale und postlinguale Ertaubungen eine zentrale Rolle bei der Rehabilitationsfähigkeit der Hörstörung.

Unabhängig von der Dauer und Lokalisation der Schwerhörigkeit kann eine Einteilung der Schwerhörigkeit anhand ihres Schweregrades getroffen werden. Dabei erfolgt die Einteilung anhand der Abweichung der Hörkurve von der Normkurve.

Es wird zwischen geringgradiger (20 – 40 dB Hörverlust), mittelgradiger (41 – 60 dB Hörverlust), hochgradiger (61 – 80 dB) und an Taubheit grenzender Schwerhörigkeit (>80 dB Hörverlust) unterschieden (Wendler et al., 2014).

2.2.2. Einseitige Ertaubung und asymmetrischer sensoneurinaler Hörverlust

Als einseitige Ertaubung (*Unilateral Hearing Loss*, UHL oder *Single Sided Deafness*, SSD) wird eine einseitige, nicht konventionell rehabilitierbare SES bei Normakusis der

Gegenseite bezeichnet. Dabei werden auch milde Schwerhörigkeiten des gesünderen Ohres ohne Indikation zur Hörgeräteversorgung miteinbezogen.

Die Einteilung eines asymmetrischen sensoneurinalen Hörverlustes (*asymmetric sensorineural hearing loss*, ASHL) ist nicht festgelegt. So besteht eine Möglichkeit der Einteilung in der Indikation zur Versorgung eines Ohres mittels CI und gleichzeitig vorliegender Differenz der gemittelten Hörkurven bei 0,5, 1, 2 und 4 Kilohertz (kHz) zwischen 30 und 60 dB gegenüber dem gesünderen Ohr. Dabei entspräche eine geringere Differenz einer bilateralen Taubheit und eine höhere Differenz einer SSD (Vincent et al., 2015).

Für die hier vorliegende Studie wurde ASHL definiert als einseitige, nicht konventionell rehabilitierbare SES mit konventionell gut rehabilitierter SES der Gegenseite (>50 % korrekt erkannte Einsilber in der Freiburger Sprachaudiometrie bei 65 dB SPL).

Die SSD und ASHL erhielten lange Zeit keine Rehabilitation ihres stärker betroffenen Ohres, da sie auf ihrer gesunden Seite ein gutes (rehabilitiertes) Hörvermögen aufwiesen. Dabei konnte gezeigt werden, dass diese Patienten im Vergleich zu einer gleichaltrigen, hörgesunden Kohorte eine geminderte Hörleistung auch des vergleichsweisen gesunden Ohres haben. Die Ursachen hierfür sind aktuell noch unklar (Arndt et al., 2019).

Im Rahmen der Indikationserweiterung für die CI-Versorgung erhielt auch dieses Patientenkollektiv Zugang zur operativen Therapie ihrer *Surditas*. Denn auch mit einem guten monauralen Hören berichten Betroffene über Sprachverständnisprobleme in Alltag und Beruf, etwa bei Gesprächen in geräuschvoller Umgebung und in halligen Räumen, wenn der Gesprächspartner von der tauben Seite spricht und über Schwierigkeiten, Geräusche zu lokalisieren. Aufgrund der erhöhten Konzentration beim Hören kommt es zur beschleunigten Ermüdung, häufigeren Missverständnissen und frustrierten Gesprächssituationen, die zu Abwesenheit, Abgelenktheit oder Verhaltensauffälligkeiten führen können. Die bis dato durchgeführte Versorgung mittels konventioneller oder knochenverankerten Systemen konnte lediglich einen pseudostereophonen Höreindruck vermitteln, da die einkommenden Signale mithilfe von Funk, Kabel oder Knochenleitung auf das gesunde Ohr übertragen werden (Wie et al., 2010, Arndt et al., 2011b).

2.3. Das Cochlea Implantat

Als Therapieoption für die hochgradige Schallempfindungsschwerhörigkeit steht seit den 1980er Jahren die Möglichkeit zur Verfügung ein CI zu implantieren. Es ist in der Lage mit Hilfe elektrischer Reizung des noch funktionsfähigen Hörnerven einen Höreindruck zu vermitteln und damit die Grundlage für ein Sprachverstehen zu schaffen. CIs können uni- oder bilateral implantiert werden (AWMF, 2012). Mögliche Kombinationen bestehen

mit einem Hörgerät auf der gleichen Seite (elektrisch-akustische Stimulation) oder auf der Gegenseite (bimodale Versorgung).

2.3.1. Aufbau und Technik

Die modernen Mehrkanal-CIs der späten 1970er Jahre unterschieden sich im generellen Aufbau nicht von den heutigen Geräten. Prinzipiell besteht ein CI aus zwei Teilen, dem Sprachprozessor sowie dem eigentlichen Implantat.

Der von außen sichtbare Teil des CIs befindet sich, ähnlich den konventionellen Hörgeräten, hinter dem Ohr. Dieser sogenannte Sprachprozessor nimmt mithilfe eines Mikrofons eintreffende Schallwellen auf und transformiert mittels Verstärker und Audioprozessor die Schallwellen in elektrische Signale. Er benötigt eine Batterie oder einen Akkumulator. Das Implantat selbst wird hinter dem Ohr unter der Haut in ein Knochenbett implantiert. Anschließend wird über eine Mastoidektomie und posteriore Tympanotomie das Mittelohr eröffnet und die Elektrode über eine Eröffnung des Innenohres (Cochleostomie) bzw. über das runde Fenster in die Sacke eingebracht. Die Signale werden über eine hinter dem Mastoid angebrachte Sendespule auf die implantierte Empfangsspule weitergeleitet. Erstere wird mithilfe eines Magneten am Kopf fixiert. Das Implantat leitet das Signal in Form elektrischer Reize an die eigentliche Reizelektrode weiter, die geräteabhängig aus multiplen selektiv einstellbaren Einzelelektroden besteht. Durch die intracochleäre Lage wird eine direkte Stimulation des Hörnervs unter Umgehung des Corti-Organs ermöglicht. Die Energieversorgung des Implantats und die generelle Signalübertragung erfolgt transkutan über Induktion (Macherey and Carlyon, 2014).

2.3.2. Indikationen zur Implantation

Für die CI-Versorgung kommen Patienten in Frage, bei denen postoperativ ein besseres Hören und Sprachverstehen als mit Hörgeräten absehbar zu erreichen sein wird. Dabei hat sich das Indikationsspektrum in den letzten Jahren erweitert (Amoodi et al., 2012, Stelzig et al., 2011, AWMF, 2012).

Die Funktionstüchtigkeit von Hörnerv und Hörbahn muss für eine erfolgreiche Implantation gegeben sein.

Indikation zur CI-Versorgung besteht für:

- Postlingual ertaubte und resthörige Kinder, Jugendliche und Erwachsene
- In ausgewählten Fällen prälingual taube Erwachsene
- Prälingual taube sowie perilingual ertaubte und resthörige Kinder

- Patienten mit SSD mit CI-Indikation mit und ohne Tinnitus und erheblicher Einschränkung der Lebensqualität (Vermeire and Van de Heyning, 2009, Arndt et al., 2011a)

Absolute Kontraindikationen zur CI-Versorgung bestehen bei:

- Fehlender Cochlea oder Hörnerv
- Fehlender Rehabilitationsfähigkeit
- Nicht sichergestellter postoperativer Rehabilitation/Nachsorge
- Zentraler Taubheit mit Funktionsstörungen im Bereich der zentralen Hörbahnen

Relative Kontraindikationen zur CI-Versorgung bestehen bei:

- Aktiven Mittelohrinfektionen (nach Sanierung ist eine Implantation möglich)
- Negativem subjektivem Promontoriumstest
- Schwere Allgemeinerkrankungen
- Therapieresistentem Krampfleiden

Bei beidseitig gegebener Indikation ist eine beidseitige Implantation durchzuführen. Nach der S2k-Leitlinie von 2012 gibt es keine Altersgrenze zur Implantation eines CI (AWMF, 2012).

2.3.3 Voruntersuchungen vor Implantation

Zur Indikationsstellung einer Versorgung mittels CI sind zahlreiche Voruntersuchungen notwendig. Dabei sind klinische, radiologische, audiologische, neurootologische und psychologische Diagnostik nötig um die Eignung eines Patienten zu prüfen (Lenarz, 2017). Der Operateur trägt für die komplette (präoperative) Diagnostik die Verantwortung.

Als Mindestanforderungen sind anzusehen:

- Allgemeinstatus, Anamnese einschließlich HNO-spezifischer Anamnese
- HNO-Status, speziell auch Trommelfellmikroskopie
- Ton- und Sprachaudiometrie
- Hörgeräteüberprüfung und -optimierung
- Überprüfung der Hörgeräte-Versorgung mit audiometrischen Verfahren im freien Schallfeld
- Berücksichtigung psychischer Faktoren
- Objektive Hörprüfungen

- Transitorisch evozierte / distorsiv produzierte otoakustische Emissionen (TEOAE / DPOAE)
- Impedanzaudiometrie
- Elektrocochleographie (optional)
- Hirnstammaudiometrie (*Brainstem Evoked Response Audiometry*, BERA)
- Promontoriumstest (optional)
- Labyrinthfunktionsprüfung, inklusive kalorischer Prüfung
- Hochauflösende Computertomographie des Felsenbeines
- Hochauflösende Kernspintomographie vom Schläfenbein und Kleinhirnbrückenwinkel (Carner et al., 2009, Isaacson et al., 2009)

Im Einzelfall können diese Untersuchungen durch beispielsweise ein funktionelles MRT, eine Positronenemissionstomographie, Impfuntersearchungen oder konsiliarische Untersuchungen anderer Fachrichtungen zur Einschätzung der OP-Fähigkeit ergänzt werden (AWMF, 2012).

2.4. Einflussfaktoren auf das Hörempfinden nach Cochlea Implantat-Versorgung

Das operative Vorgehen ist heute standardisiert und bei entsprechender operativer Kenntnis und vorliegenden strukturellen Voraussetzungen komplikationsarm (Johnston et al., 2010, Rivas et al., 2008). Das postoperative Ergebnis ist dabei abhängig von mehreren Einflussfaktoren, zum Beispiel der Indikationsstellung und der damit verbundenen Patientenselektion, der Qualität der Operation und der Nachsorge, den technischen Voraussetzungen, sowie der individuellen Situation des Patienten.

Dabei ist zu beachten, dass die Stimulationsbedingungen zwischen den Patienten große Unterschiede aufweisen und der Sprachprozessor individuell und wiederholt entsprechend der Hörentwicklung angepasst werden muss.

Viele der implantierten Patienten geben postoperativ unterschiedlich gute Höreindrücke und ein unterschiedlich ausgeprägtes Sprachverstehen an. Die verantwortlichen Faktoren dafür sind nicht vollständig geklärt. Das individuelle postoperative *Outcome* kann bislang nicht sicher vorausgesagt werden (Gantz et al., 1993, Shim et al., 2014, Parkin et al., 1989). Als zentrale Einflussfaktoren werden in der Literatur die Ertaubungsdauer, das Alter bei Implantation des CI, die Ertaubungsursache und die anatomischen Gegebenheiten diskutiert (Ruff et al., 2017). Der negative Einfluss der Ertaubungsdauer auf das postoperative Hörempfinden konnte in einem Studienupdate mit über 2000 Patienten relativiert werden, wobei hier auf den insgesamt stattgehabten technischen Fortschritt hingewiesen wurde (Blamey et al., 2013). Die Autoren dieses

Studienupdates konnten bereits in Ihrer Originalarbeit mit 800 Probanden einen Einfluss der Ertaubungsursache auf den CI-Erfolg nachweisen, der jedoch insgesamt das Ergebnis weniger beeinflusst, als die Ertaubungsdauer: so haben beispielsweise Patienten, die ihre Schwerhörigkeit aufgrund einer bakteriellen Labyrinthitis erworben haben einen schlechteren Erfolg beim Hören mit Hörhilfe als schwerhörige Patienten mit Morbus Menière (Blamey et al., 1996). Bei ertaubten Kindern postuliert die Literatur eine frühzeitige Implantation (Patientenalter < 2 Jahre) zur besseren Sprachentwicklung (Lesinski-Schiedat et al., 2006). Jedoch zeigen auch ältere Patienten über 60 Jahre einen Benefit im Sinne eines verbesserten Höreindrucks nach CI-Versorgung (Huarte et al., 2014). Als Faktoren wurden auch Zusammenhänge des Sprachverstehens mit Intelligenz, Kommunikativität, familiärer Unterstützung und Engagement beschrieben (Loizou, 1999). Davon unabhängig scheint auch das operative Ergebnis im Sinne einer optimalen Elektrodenplatzierung Auswirkungen auf das postoperative Hören zu haben (Esquia Medina et al., 2013). Des Weiteren wird der Hörerfolg und dessen Korrelation mit den vorhandenen Spiralganglienzellen diskutiert. Es konnte in histopathologischen Untersuchungen des humanen Felsenbeines gezeigt werden, dass es bei ertaubten Patienten im Vergleich zur normalhörenden Population zu einer verminderten Anzahl der Spiralganglienzellen kommt (Nadol, 1997, Otte et al., 2015). Das CI stimuliert die Spiralganglienzellen, sodass eine Korrelation zwischen dessen Höreindruck und der Zellanzahl postuliert wurde. Bisher konnte kein Zusammenhang dafür nachgewiesen werden (Blamey, 1997, Khan et al., 2005).

3. Material und Methoden

3.1. Patientenkollektiv

In der vorliegenden retrospektiven Studie wurden audiologische Daten von 50 Patienten erfasst, die im Zeitraum zwischen Dezember 2009 und Juni 2017 in der Hals-, Nasen-, Ohrenklinik und Poliklinik der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz aufgrund einer einseitigen Ertaubung beziehungsweise eines asymmetrischen sensorineuralen Hörverlustes bei einseitiger Schwerhörigkeit mit einem CI versorgt worden sind.

Die audiometrischen Daten des *Follow-Ups* wurden 3 und 6 Monate postoperativ, sowie im Zeitraum von 12 - 36 Monaten nach OP erfasst und analysiert.

Des Weiteren wurden die Patienten mittels Fragebogen zu Ihrer Lebensqualität befragt (vgl. Kapitel 3.4.3).

3.2. Patientengruppen

Nicht alle 50 erfassten Patienten eigneten sich für die weitere statistische Auswertung. In dem erfassten Kollektiv (n = 50) befand sich ein Anteil von Kindern (n = 9), bzw. Patienten, die nicht in der Lage waren, eine Freiburger Sprachaudiometrie durchzuführen. Aufgrund der mangelnden Vergleichbarkeit von alternativen Tests (zum Beispiel Mainzer oder Göttinger Sprachaudiometrien für Kinder) wurde diese Gruppe nicht in die weitere statistische Auswertung aufgenommen.

Von den verbliebenen 41 Patienten wurden 4 weitere von der weiterführenden Auswertung ausgenommen, da sie entweder das postoperative *Follow-Up* in auswärtigen Kliniken erhielten (n = 2) oder sie aufgrund einer *drill-out* Operation bei ossifizierter Cochlea, beziehungsweise aufgrund eines Akustikusneurinoms a priori ein prognostisch ungünstiges audiometrisches *Outcome* aufwiesen.

Es blieb damit eine Gruppe von n = 37 Patienten, die in der Lage war, die Freiburger Sprachaudiometrie zu den geforderten Intervallen (präoperativ, 3 Monate postoperativ, >12 Monate postoperativ) durchzuführen.

3.3. Demographische Daten

Die Daten wurden aus den Patientenakten der Hals-, Nasen-, Ohrenklinik und Poliklinik der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz erfasst und auf Ihre Plausibilität hin geprüft.

3.3.1. Geschlechterverteilung

In der Kohorte der erwachsenen Patienten waren 51 % der untersuchten Personen männlich (n = 21) und 49 % weiblich (n = 20).

Bei den Kindern betrug der Anteil am männlichen Geschlecht 56 % (n = 5) und am weiblichen Geschlecht 44 % (n = 4).

3.3.2. Altersverteilung

Das durchschnittliche Alter der Patienten bei der Durchführung der CI-Implantation betrug $40,76 \pm 22,68$ Jahre. Die Verteilung reichte von 1 bis 74 Jahre.

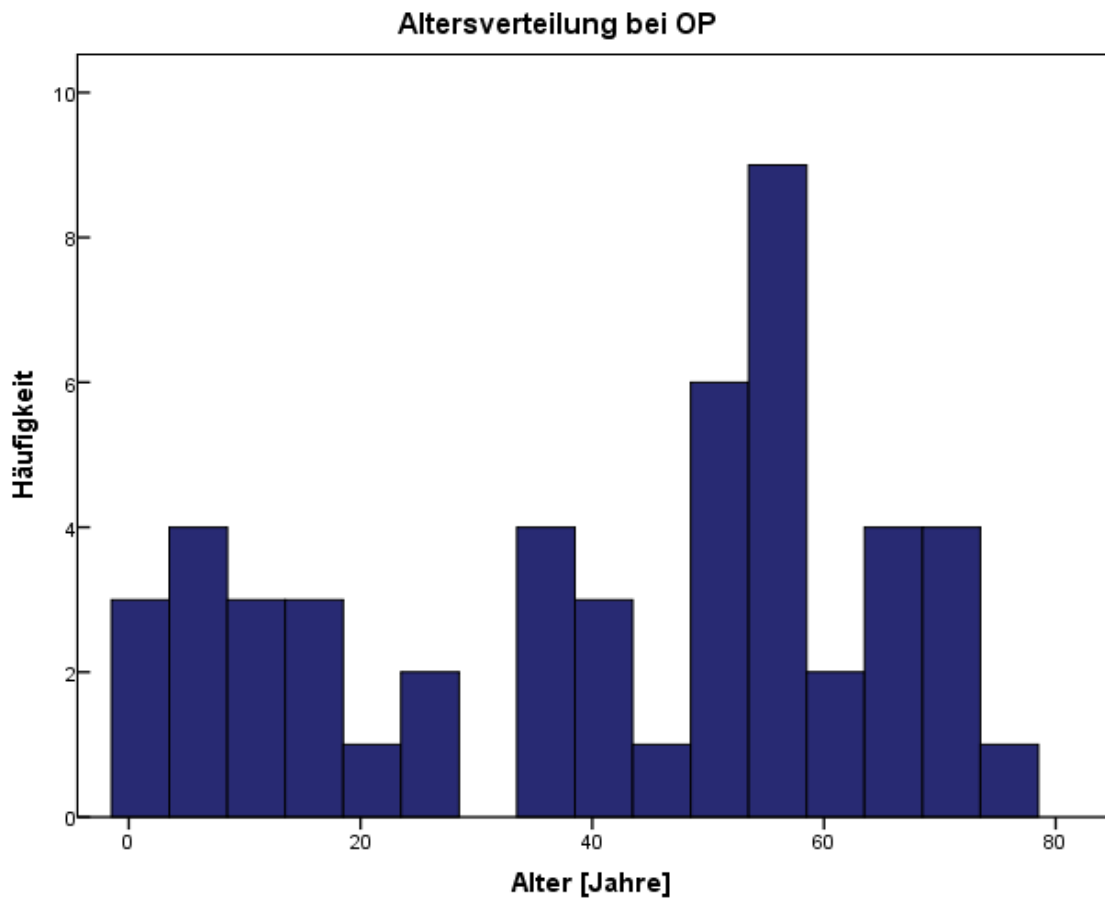


Abbildung 2: Altersverteilung der Patienten bei OP: Es kann eine zweigipflige Verteilung, jeweils im Kindes- und Erwachsenenalter gezeigt werden.

3.3.3. Ertaubungsursachen

In der vorliegenden Patientengruppe ergaben sich nach Aktenlage verschiedene Gründe, die zur hochgradigen Schwerhörigkeit, bzw. Taubheit führten. Die mit großem Abstand häufigste genannte Ursache war der Hörsturz (56 %). Es folgten angeborene Schwerhörigkeiten (14 %), sowie Komplikationen nach Meningitis oder Tympanoplastik (jeweils 6 %). Die vollständige Auflistung aller Ursachen ist in Abbildung 3 aufgeführt.

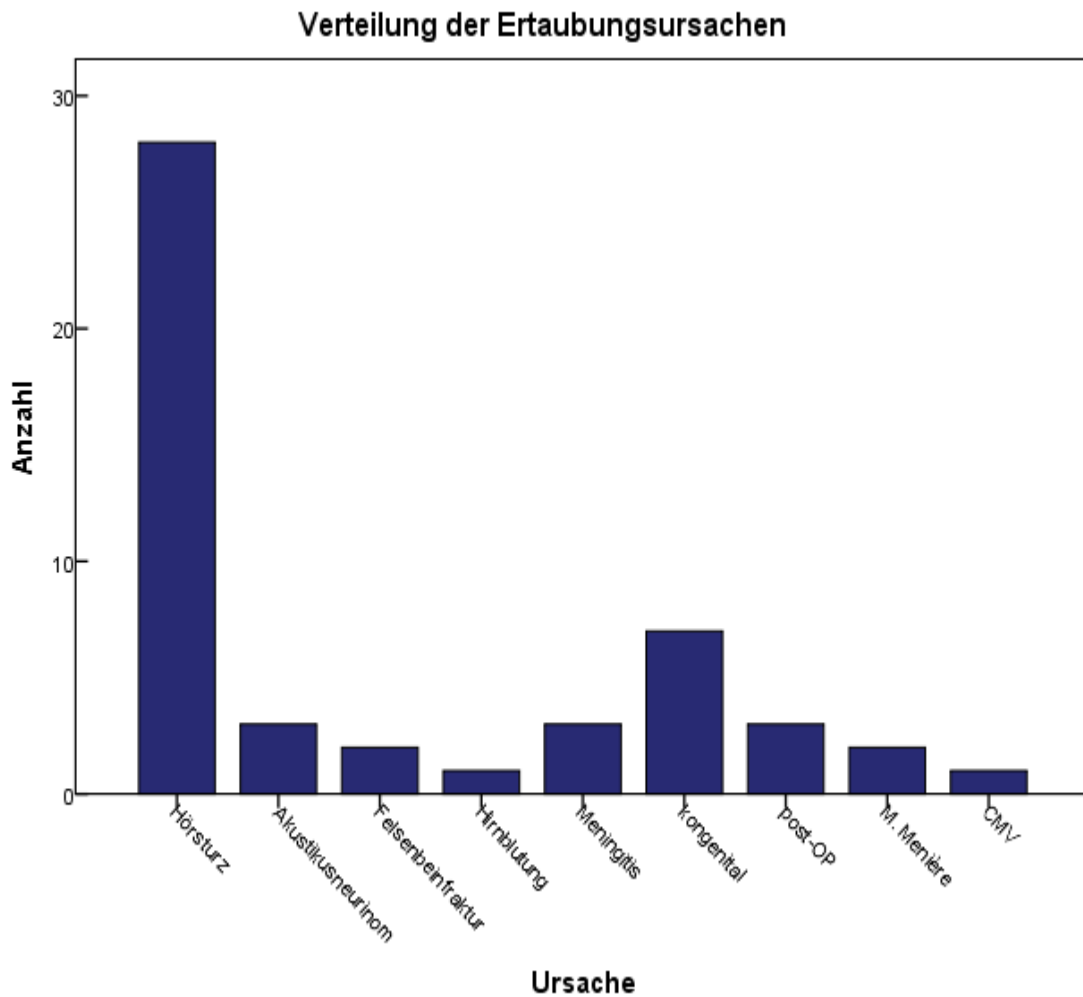


Abbildung 3: Verteilung der Ertaubungsursachen: Der Hörsturz ist vor den kongenitalen Ertaubungen die häufigste Ursache einer SSD/ASHL.

3.3.4. Ertaubungsdauer vor OP

Die mittlere subjektive Ertaubungsdauer der Patienten vor OP betrug $157,84 \pm 171,7$ Monate. Die angegebenen Zeiträume variierten dabei zwischen 0 bis 660 Monaten.

3.3.5. Verteilung der Ertaubungsseite

Im untersuchten Kollektiv wurde bei 63 % der Erwachsenen und 67 % der Kinder mit SSD/ASHL die Schwerhörigkeit auf der linken Seite und bei 37 % bzw. 33 % auf der rechten Seite diagnostiziert.

3.3.6. Verteilung der Implantate und Elektroden nach Hersteller

Von den 50 implantierten Patienten erhielten 38 % ein Nucleus®-Implantat der Fa. Cochlear™. Von dem übrigen Anteil, der mit Implantaten von der Fa. MED-EL versorgt worden ist, entfielen 32 % auf den Typ Concerto und weitere 30 % auf den Typ Synchrony (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Verteilung der Implantattypen nach Hersteller

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig Cochlear Nucleus	19	38,0	38,0	38,0
MED-EL Concerto	16	32,0	32,0	70,0
MED-EL Synchrony	15	30,0	30,0	100,0
Gesamt	50	100,0	100,0	

Die meisten Patienten erhielten eine Flex28 Elektrode (52 %). Die gesamte Auflistung der implantierten Elektroden findet sich in Abbildung 4.

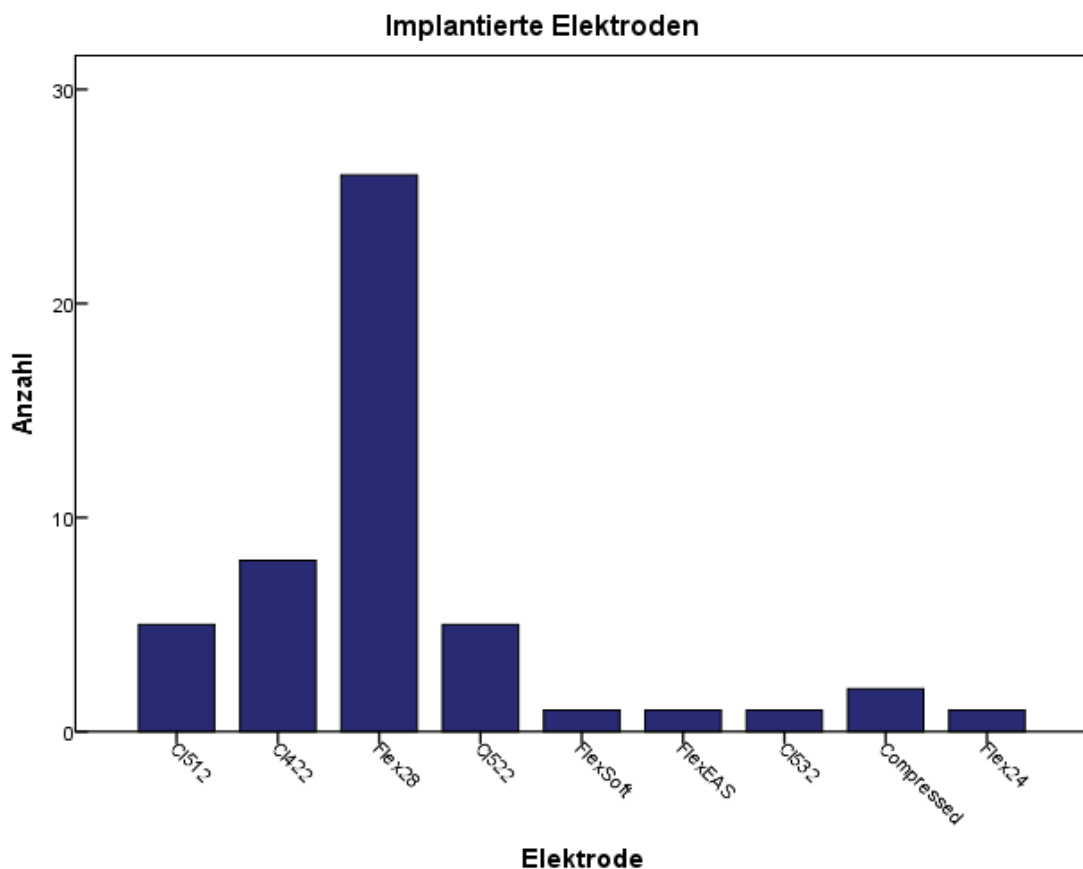


Abbildung 4: Verteilung der implantierten Elektroden: In der Universitätsmedizin Mainz wurde im beobachteten Zeitraum die Flex28-Elektrode zur Implantation bei SSD/ASHL am häufigsten genutzt.

3.3.7. Tinnitus

Über die Hälfte der Patienten (54 %) klagte neben der einseitigen Schwerhörigkeit auch über eine Tinnitus-symptomatik. Ein knappes Drittel der Patienten beschrieb dabei einen ipsilateral zur Ertaubung aufgetretenen Tinnitus. Sechs Prozent beschrieben eine kontralaterale Ausprägung der Ohrgeräusche im Vergleich zur Ertaubung. Nahezu jeder fünfte untersuchte Patient klagte über beidseitigen Tinnitus (18 %).

3.4. Methoden

Die Datenerhebung erfolgte retrospektiv. Die infrage kommenden Patientenakten wurden durch eine intern in der Hals-, Nasen- Ohrenklinik und Poliklinik der Universitätsmedizin Mainz geführte Liste vorsortiert, in der alle CI-Implantationen der Jahre 2009 – 2015 notiert worden sind. Daraufhin wurden alle Patientenakten einzeln gesichtet und bei Vorliegen einer einseitigen Implantation in Kombination mit einer diagnostizierten SSD/ASHL weiter ausgewertet. Für die Jahre 2016 und 2017 wurde eine vorsortierte Liste mit bekannten Patienten mit einseitiger Ertaubung und durchgeführter, bzw. geplanter CI-Implantation, durch die Abteilung Audiologische Akustik der Universitätsmedizin Mainz bereitgestellt.

Ein Teil der erfassten Daten konnte aus der elektronischen Akte (ISH-Med, Fa. Cerner, Idstein, Deutschland), sowie den audiometrischen Daten (Avantgarde, Fa. Mack Medizintechnik, Pfaffenhofen/Ilm, Deutschland) der Universitätsmedizin gewonnen werden.

Die Patientendaten (Geburtsdatum, Geschlecht, Ertaubungszeitpunkt, OP-Datum, Ertaubungsseite, Ertaubungsursache, Implantat- und Elektrodentyp, vorige Hörgerät-/CROS-Versorgung, vorige Tinnitusbeschwerden) wurden zunächst in eine Liste aufgenommen. Diese wurde durch die audiologischen Daten der erfassten Patienten aus dem Avantgarde-System der Abteilung Audiologische Akustik der Universitätsmedizin Mainz ergänzt.

Nach statistischer Beratung durch das Institut für Medizinische Biometrie, Epidemiologie und Informatik der Universitätsmedizin Mainz (IMBEI) erfolgte die Konvertierung der erfassten Daten in IBM SPSS Statistics v23 (Fa. IBM, Armonk, New York, USA).

Nach Rücklauf der an die Patienten versandten Fragebögen zur Lebensqualität wurden diese Daten ebenfalls in die Liste aufgenommen.

3.4.1. Ein- und Ausschlusskriterien

Die Einschlusskriterien lauteten:

- Patienten mit SSD, bzw. konventionell gut rehabilitierbarer Sprachentwicklungsstörung (SES) der Gegenseite (>50 % verstandene Einsilber im Freiburger Sprachtest) im Sinne eines ASHL
- Patienten erhielten eine einseitige CI-Implantation im Zeitraum zwischen Dezember 2009 und Juli 2017 aufgrund von SSD/ASHL an der Hals-, Nasen-, Ohrenklinik und Poliklinik der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
- Die operierten Patienten nahmen an den postoperativen *Follow-Up* Untersuchungen teil

Ausgeschlossen wurden:

- Patienten, die ihr *Follow-Up* nicht in der Hals-, Nasen-, Ohrenklinik und Poliklinik der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz erhielten
- Patienten, bei denen intraoperative Komplikationen als Ursache für ein erfolgloses *Outcome* ausgemacht werden konnten
- Patienten – in der Regel Kinder – die keine Freiburger Sprachaudiometrie durchführen konnten

3.4.2. Audiologische Untersuchungen

Alle erfassten Patienten erhielten präoperativ unter anderem eine komplette audiologische Diagnostik (u.a. Tonaudiometrie, Tympanometrie und Sprachaudiometrie). In der vorliegenden Arbeit waren insbesondere das Einsilber- und Zahlenverstehen im Freiburger Sprachtest vor und nach CI-Versorgung von Interesse. Ebenfalls betrachtet worden sind die Tonaudiometrien und die sich daraus ergebenden Hör- bzw. Aufblähkurven.

Mit erfasst worden sind darüber hinaus Mainzer bzw. Göttinger Sprachaudiometrien (bei Kindern), sowie Oldenburger Satztests. In Ermangelung einer ausreichenden Anzahl an vorliegenden Testergebnissen, wurden diese jedoch nicht weiter statistisch ausgewertet.

3.4.2.1. Tonaudiometrie

Die Tonaudiometrie ist ein subjektiver Test und auf die Mitarbeit des Patienten angewiesen. Die in dieser Arbeit verwendeten Hörkurven speisen sich aus audiometrischen Messungen, die die Hörschwellen für verschiedene Frequenzen (hier

zwischen 0,125 kHz bis 8 kHz) ermitteln. Die Hörschwelle ist der Schalldruckpegel, der für eine bestimmte Frequenz einen gerade so wahrnehmbaren Höreindruck erzeugt. Dieser wird in Dezibel (dB) gemessen. Dabei entsprechen 0 dB der Normhörschwelle. Hierbei handelt es sich um eine geeichte Kurve und die Dezibelangabe entspricht der Differenz zur Normkurve. Normale Gespräche finden bei ca. 55 – 65 dB statt. Bei Normakusis liegt die Schmerzschwelle bei ca. 120 dB.

Als Prüfsignale werden reine Sinustöne verwendet. Die Hörschwellen werden in Abhängigkeit der dargebotenen Frequenz in einem Prüfdiagramm (Tonaudiogramm) eingetragen, aus dem der Hörverlust abgelesen werden kann. Dabei entsprechen Kurven nahe der 0-dB-Linie einer Normakusis und weiter darunterliegende Kurven entsprechend stärker ausgeprägten Schwerhörigkeiten.

Sollte ein Patient bei einer angebotenen Frequenz auch bei Maximallautstärke (über 130 dB) keinen Höreindruck gewinnen können, wurde dies in der vorliegenden Studie als ein Hörverlust von 130 dB verzeichnet, was einer vollständigen Taubheit entspricht.

Abbildung 5 entspricht der Tonaudiometrie von Fall 31 präoperativ mit einer Surditas des rechten Ohres und einer Normakusis der kontralateralen Seite mit geringgradiger Schwerhörigkeit im Hochtonbereich. Aus den vorliegenden Tonaudiogrammen ist es mithilfe der Tabelle nach Röser (1973) möglich auch bei unregelmäßigem Verlauf der Tongehörkurve einen prozentualen Hörverlust für den Hauptsprachbereich zu bestimmen. Hierzu werden die Hörverluste bei 500, 1000, 2000 und 4000 Hz verwendet.

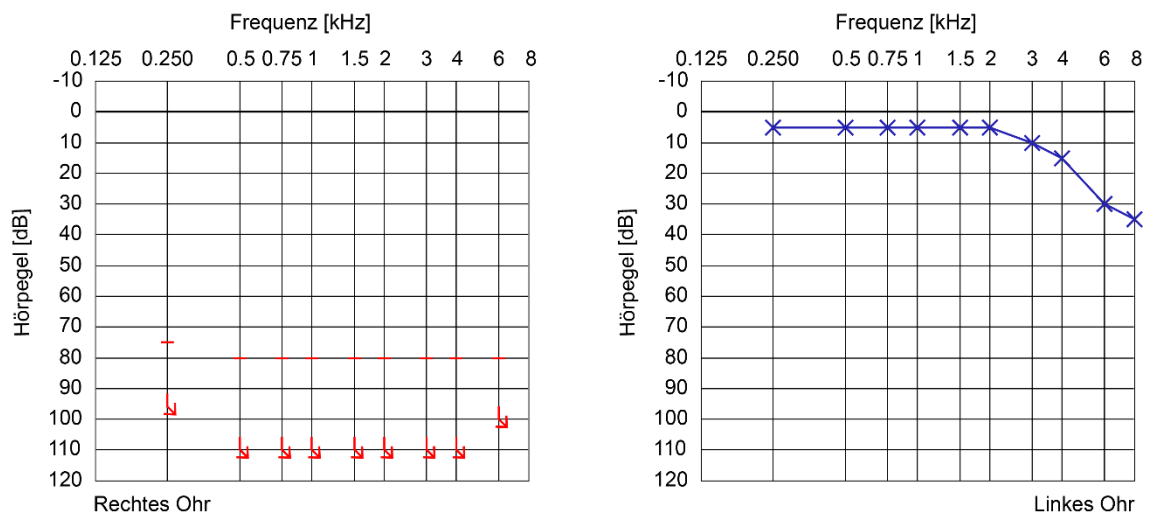


Abbildung 5: Tonaudiometrie bei SSD: Die gezeigten präoperativen Audiogramme stammen von Fall 31, einer Patientin mit Surditas des rechten Ohres.

3.4.2.2. Freiburger Sprachtest

Der Freiburger Sprachtest ist der am häufigsten verwendete Sprachtest im deutschen Sprachraum (Hahn, 2014). Es handelt sich hierbei um einen subjektiven Test und benötigt die Mitarbeit des Patienten.

Erstmals wurde er zur Ermittlung des Schwellengehørs für Sprache unter Verwendung von Zahlwörtern und der Fähigkeit zur Sprachunterscheidung mittels einsilbiger Substantive konzipiert. Heute wird er zur Begutachtung von Hörstörungen, z.B. im Rahmen von Begutachtungen zur Bestimmung des Grads der Behinderung (GdB), und zur Einschätzung von Bedarf und Erfolg von technischen Hörhilfen angewendet

Der Test ist nach DIN 45621 standardisiert und hilft bei der Unterscheidung zwischen Tief- und Hochtonhörverlust sowie bei der Identifizierung von konduktiven, sensorischen, neuralen und zentralen Schwerhörigkeiten.

Dem Patienten werden beim Test jeweils 20 einsilbige (Einsilber) und mehrsilbige Worte (Zahlen) in verschiedenen, definierten Lautstärken dargeboten. Die Ergebnisse, also der Anteil der richtig erkannten Wörter in Prozent, wird in ein entsprechendes Sprachaudiogramm eingetragen. In der unten gezeigten Graphik erkennt man das präoperative Ergebnis von Fall 31 mit einer SSD der rechten Seite. Die linke Graphik repräsentiert hierbei das erkrankte, die rechte Graphik das gesunde Ohr.

In der späteren Auswertung werden das Einsilber- und Zahlenverständnis bei einer Lautstärke der dargebotenen Wörter von 65 dB, also bei Gesprächslautstärke, betrachtet.

Aktuell stehen die phonemische und perzeptive Ausgewogenheit der Testlisten auf dem Prüfstand. Offensichtliche Defizite bestehen bei der Prüfung des Sprachverstehens im Störgeräusch (Hoth, 2016, Hey, 2014).

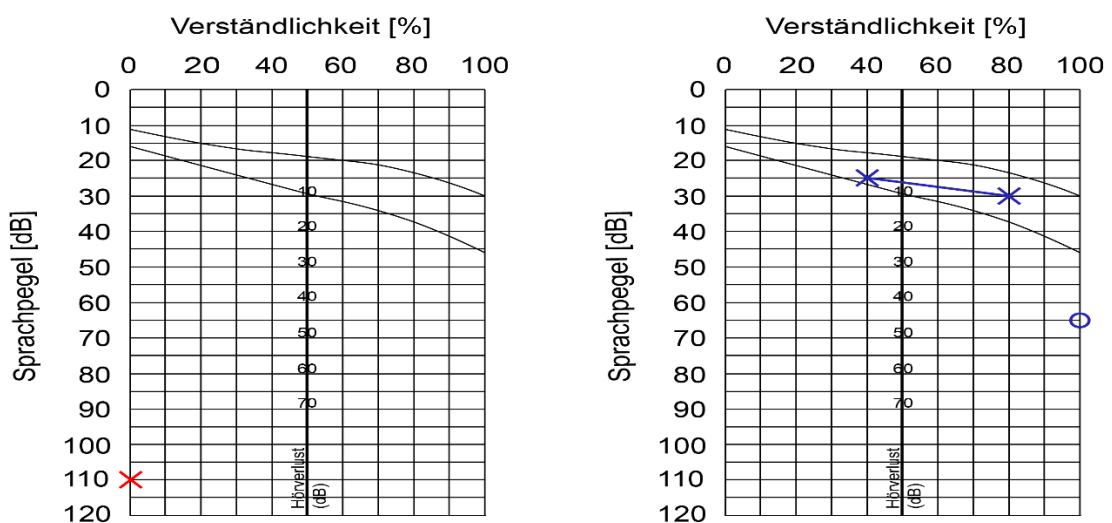


Abbildung 6: Freiburger Sprachtest bei SSD: Die präoperativen Ergebnisse dieses Freiburger Sprachtests stammen von Fall 31, einer Patientin mit einer rechtsseitigen SSD.

3.4.2.3. Oldenburger Satztest

Der Oldenburger Satztest (OLSA) ist ein Standardverfahren der Hördiagnostik. Mit ihm kann das Sprachverstehen Erwachsener in Ruhe, sowie im Störgeräusch getestet werden. Für Kinder existiert eine alternative Version in Form des Oldenburger Kindersatztests.

Die Patienten müssen Sätze erkennen, die aus einem Inventar von 50 Wörtern zufällig gebildet werden. Dabei haben die Sätze stets die Form Name – Verb – Zahlwort – Adjektiv – Substantiv. Mittels Rauschens können Störgeräusche simuliert werden, die akustisch anspruchsvollen Alltagssituationen ähneln. Das Testergebnis wird hier nicht prozentual wie beim Freiburger Sprachtest angegeben, sondern als Verhältnis der Signallautstärke, also der Lautstärke, mit der die Sätze ausgegeben werden, zum Störgeräusch (*Signal to Noise Ratio*, SNR)

Da die Satzauswahl zufällig erfolgt, ist es nicht möglich die Sätze auswendig zu lernen und damit sind beliebige Wiederholungen je nach audiologischer Indikation möglich. Das Verfahren ist auch für Patienten mit starker Hörschädigung sowie für CI-Träger geeignet (EB, 2008). Es eignet sich insbesondere für Implantatpatienten mit sehr gutem Sprachverstehen, die im Freiburger Sprachtest 100 % erreichen und somit nicht weiter differenziert werden können.

3.4.2.4. Weitere sprachaudiometrische Verfahren

Für Kinder existieren weitere sprachaudiometrische Tests, die für verschiedene Altersstufen konzipiert sind und teilweise mit Bildmaterial einfacher ein- oder zweisilbiger Wörter arbeiten. Stellvertretend wurden in dieser Studie die Mainzer sowie die Göttinger Kindersprachaudiometrie (jeweils Teile 1 und 2) verwendet. Aufgrund der Unterschiede zum Freiburger Sprachtest wurden diese Patienten nicht weiter statistisch ausgewertet.

3.4.3. Fragebogen zur Lebensqualität

Allen erfassten Patienten wurde im Rahmen einer retrospektiven Studie der unten genannte Fragebogen zur Selbsteinschätzung ihrer Lebensqualität postalisch zugeschickt. Anschließend erfolgte eine Aufnahme in MS Excel (Fa. Microsoft, Redmond, Washington, USA) mit nachfolgender statischer Auswertung und grafischer Darstellung mittels Systat SigmaPlot Version 12 (Fa.Systat, San Jose, Kalifornien, USA).

3.4.3.1. BBSS

Der Berner Fragebogen zum Nutzen von Hörhilfen bei einseitiger Taubheit (*Bern Benefit in Single Sided Deafness Questionnaire*, BBSS) wurde 2011 von einem schweizerischen Forschungsteam publiziert um die Auswirkungen einer *bone-anchored hearing aid* (BAHA) Versorgung kombiniert mit einem *contralateral routing of signals* (CROS) Hörgerät auf den Lebensalltag von einseitig ertaubten Patienten zu erfassen. Dabei wurden zwei Patientengruppen unterschieden: 29 Patienten, die sich nach einer Testphase mit einem Stirnband für die Implementierung eines BAHA entschieden und 17 Probanden, die keine dauerhafte Versorgung mit einem BAHA wünschten. Der Fragebogen besteht aus 10 visuell-analogen Skalen, die den Benefit eines BAHA- oder anderen CROS-Hörgeräts in verschiedenen Alltagssituationen bewerten sollen (Kompis et al., 2011).

Der Test besteht aus 10 *Items*, die jeweils in eine Skala von -5 („ohne Gerät viel einfacher“) bis +5 („mit Gerät viel einfacher“) eingeteilt sind. Der Befragte kann analog zu einer numerischen Schmerzskala die für ihn zutreffende Ausprägung eintragen.

Aufgrund der speziellen Fragestellung an einseitig ertaubte Patienten, wurde dieser Fragebogen für die vorliegende Arbeit ausgewählt.

3.5. Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit IBM SPSS Statistics v23. Die erhobenen demographischen und audiologischen Daten sowie die Ergebnisse der Fragebögen wurden tabellarisch geordnet.

Zur endgültigen Auswertung wurde, der vorher mit MS Excel 2013 und 2016 angefertigte Datensatz in SPSS konvertiert.

3.5.1. Auswertung demographischer Daten

Anfangs erfolgte ein Überblick der gesammelten Daten mithilfe von Häufigkeitstabellen. Die graphische Darstellung erfolgte für Geschlechterverteilung, Altersverteilung bei OP, Ertaubungsursachen, Ertaubungsseite, implantierte Elektroden und Tinnitusausprägung mithilfe von Histogrammen. Die eingesetzten Implantate wurden tabellarisch aufgelistet. Für die Verteilung der subjektiven Ertaubungsdauer vor der Implantation wurde graphisch ein Boxplot eingesetzt, unterstützt durch die tabellarische Auflistung der einzelnen Kennwerte der beschriebenen Menge (Mittelwert, Median, Standardabweichung, Minimum/Maximum, Quartilen).

3.5.2. Auswertung audiologischer Daten

Die audiologischen Daten wurden auf verschiedene Weisen ausgewertet. Zuerst erfolgte eine graphische Darstellung der Hörschwellen. Hierfür wurden zu den gegebenen Zeitpunkten für jedes Ohr einzeln Boxplots über jede der neun getesteten Frequenzen (0,125, 0,25, 0,5, 1, 2, 3, 4, 6 und 8 kHz) angefertigt. Dies erfolgte für die Gruppe der infrage kommenden erwachsenen Patienten ($n = 37$). Durch das Nebeneinanderstellen dieser Boxplots in einem Diagramm (Frequenz gegen Hörverlust in dB) erhält man durch die eingezeichneten Mediane eine weiter vergleichbare Hörschwellenkurve.

Umgesetzt wurde dieses Verfahren für das gesunde Ohr und erkrankte Ohr jeweils präoperativ sowie für die Zeitpunkte 3 und 12 - 36 Monate postoperativ für das erkrankte Ohr.

Des Weiteren erfolgten zwei Mittelwertbildungen über ausgewählte Frequenzen des erkrankten Ohres zu jedem erhobenen Intervall.

Somit erhielt jedes Intervall einen bestimmten Zahlenwert als Ausdruck des mittleren Hörverlust zu diesem Zeitpunkt, was eine Differenzbetrachtung zwischen den jeweiligen Intervallen ermöglicht.

Die erste Auswahl erfolgte für einen Mittelwert über 0,25, 0,5, 1, 2, 4, 6 und 8 kHz als Ausdruck der sieben am häufigsten in Tonaudiometrien getesteten Frequenzen.

Für die Entwicklung der Hörschwelle im Gesprächsumfeld wurden die 4 Frequenzen ausgewählt, die der Röser Tabelle von 1973 zugrunde liegen: 0,5, 1, 2 und 4 kHz.

Die Freiburger Sprachaudiometrie wurden ebenfalls in mehreren Instanzen ausgewertet. Zuerst erfolgte die Auswertung des Zahlen- und Einsilberverstehens des erkrankten Ohres zu jedem Intervall. Hierfür wurden die Ergebnisse des Kollektivs wiederum in Boxplots (Zahlen- bzw. Einsilberverstehen in Prozent zum jeweiligen Zeitpunkt) eingebettet, um die Leistungssteigerung ablesen zu können. Hierfür wurden verschiedene Zeiträume betrachtet.

Die Hauptfragestellung dieser Studie, nämlich die Korrelation zwischen subjektiver präoperativer Ertaubungsdauer und dem Einsilberverstehen des erkrankten bzw. implantierten Ohres bei 65 dB nach 12 - 36 Monaten nach OP wurde vereinfacht mithilfe der linearen Regression ausgewertet. Zur besseren Vergleichbarkeit mit ähnlichen Arbeiten wurde hierbei die lineare Regression beibehalten, auch wenn die Variable „Einsilberverstehen“ nicht jeden beliebigen Wert (Begrenzung zwischen 0 und 100 %) annehmen kann und das Kollektiv nicht annähernd gaußverteilt ist (vgl. Kapitel 4.2.2.3.). Die Berechnung mithilfe der durch den Statistiker des IMBEI vorgeschlagenen *Zero-inflated Beta Regression* wurde aufgrund der statistischen Gründlichkeit ebenfalls durchgeführt, lieferte jedoch grundsätzlich analoge Ergebnisse.

Die graphische Darstellung der Ergebnisse erfolgte mithilfe eines Streu-/Punktdiagramms.

Während für die Korrelation der Hauptfragestellung vereinfacht der Spearman Koeffizient zum Einsatz kam, konnte man in einer Subgruppen-Bildung in einer Nebenfragestellung eine annähernd Gauß'sche Verteilung erreichen und in dieser mit dem Pearson-Koeffizienten arbeiten.

Für alle statischen Auswertungen konnte die Software IBM SPSS Statistics v23 genutzt werden. Die *Zero-inflated Beta Regression* wurde mit der Statistischen Umgebung R und dem zugehörigen Paket *gamlss* berechnet (R Development Core Team, 2017, Rigby and Stasinopoulos, 2005).

P-Werte < 0,05 wurden als statistisch signifikant gewertet.

3.5.3. Auswertung des QoL-Fragebogens

Den Patienten wurden auf postalischem Wege der Fragebogen BBSS zur Erfassung der Lebensqualität nach der stattgehabten Operation im Sinne einer CI-Implantation zugesandt. Diese konnten anschließend an die Hals-, Nasen-, Ohrenklinik und Poliklinik der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz zurückgesandt werden. Die Rückläufer wurden in eine MS Excel-Tabelle aufgenommen und der entsprechende Zahlenwert notiert.

Anschließend erfolgte die graphische Visualisierung mittels Boxplot zur Darstellung statistischer Kennwerte (Median, Minimum/Maximum, Quartilen).

4. Ergebnisse

4.1. Deskription der Untersuchungsergebnisse

Die im Folgenden beschriebenen Ergebnisse beziehen sich auf das Kollektiv von $n = 37$ Patienten, die den Einschlusskriterien der Studie entsprachen und für die zu den entsprechenden Fragestellungen Daten vorlagen.

4.2. Audiologische Daten

4.2.1. Tonaudiometrien

Für die Patienten wurden zunächst präoperative Tonaudiometrien erhoben und im Verlauf zu den Zeitpunkten 3 sowie 12 - 36 Monate postoperativ ergänzt. Daraus leiteten sich die untenstehenden Hörkurven ab (s. Abbildung 7ff).

4.2.1.1. Präoperative Hörkurven

Die folgenden Abbildungen zeigen präoperative Hörkurven, die mithilfe von Boxplots graphisch dargestellt wurden. Dafür wurde für jede der neun getesteten Frequenzen ein Boxplot mit allen erhobenen Werten für die Hörverluste in dB erstellt.

Die Kastengraphiken wurden daraufhin nebeneinander in einem Tonaudiogramm entsprechende Graphik zusammengestellt. Zur besseren Vergleichbarkeit mit den klinischen Tonaudiogrammen erfolgte die Multiplikation mit -1 für die Hörverluste und der entsprechenden inversen Ausdehnung der Werte.

Um eine möglichst große Anzahl an Werten für die Boxplots zur Verfügung zu haben, wurde eine Fall-für-Fall Auswahl, anstelle eines listenweisen Ausschlusses, getroffen. Somit liegen den Boxplots verschiedene Grundmengen an Patienten vor.

Die Graphiken sind in folgender Weise aufgebaut: die Box entspricht dem Bereich zwischen 1. und 3. Quartil mit einem schwarzen Strich als Median, Whisker entsprechen dem untersten und obersten Quartil, Kreise sind „milde“ Ausreißer (*outliers*, mehr als $1,5x$ IQR), Sterne sind extreme Ausreißer (*extremes*, mehr als $3x$ IQR), die durchgezogene Linie entspricht parallel zur x-Achse 0 dB Hörverlust und die gestrichelte Linie dem Median über alle Frequenzen.

In der Auswertung der Daten zeigte sich, dass insbesondere in den Randfrequenzen ($0,125$ und $0,25$ kHz, sowie 6 und 8 kHz) einzelne Werte fehlen, jedoch im mittleren Frequenzpektrum die Daten vollständig waren.

Bei den Kindern zeigte sich, dass deutlich mehr Werte fehlen, als bei der Erwachsenen-Audiometrie.

Die Hörkurve in Abbildung 7 für das gesunde Ohr belegt, dass es sich um Patienten mit einseitiger Normakusis oder konventionell mit Hörgeräten therapierbarer leichtgradiger Schwerhörigkeit handelt.

Die gestrichelte Linie entspricht dem Median über alle 9 Frequenzen, in diesem Fall einem Hörverlust von 32 dB.

Sichtbar ist ein größerer Anteil an Hörverlusten im Hochfrequenzbereich.

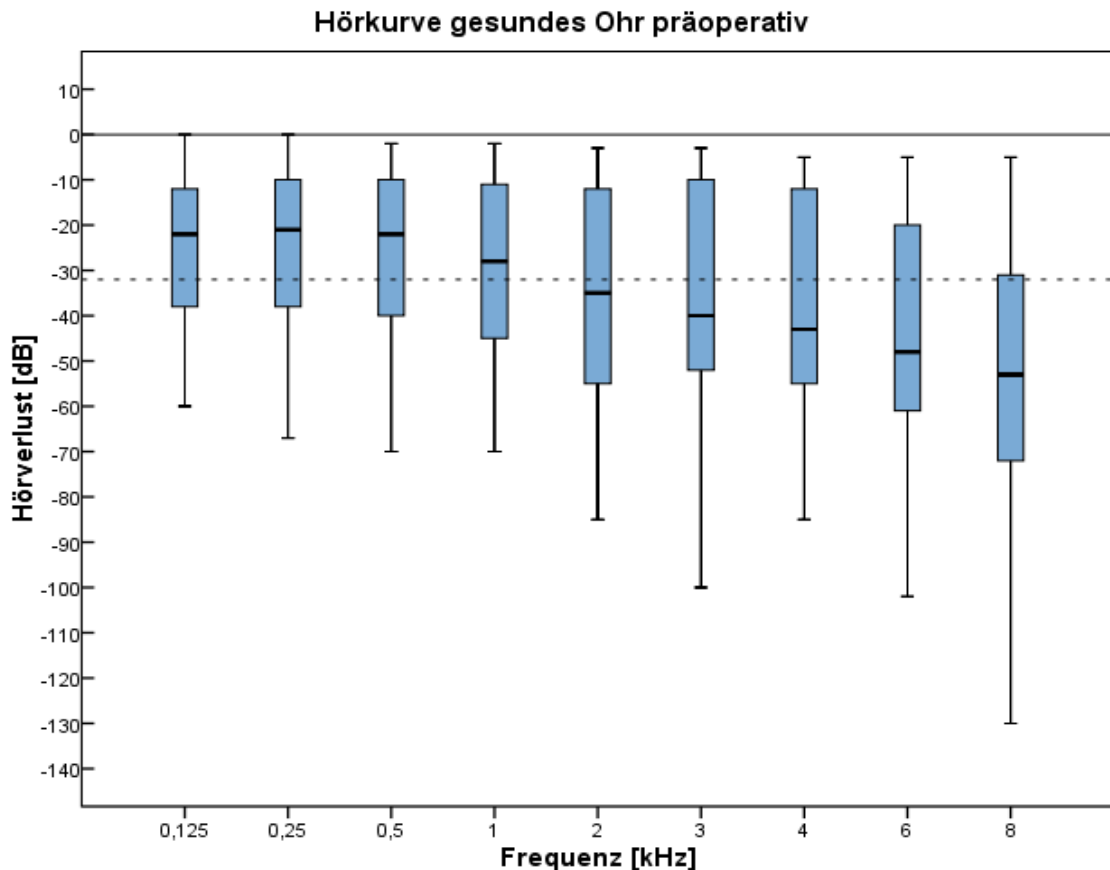


Abbildung 7: Hörkurve gesundes Ohr präoperativ: in der Abbildung sieht man die gemittelte präoperative Hörkurve des hörgesunden Ohres der $n = 37$ erwachsenen Patienten

Die Hörkurve für das gesunde Ohr bei den Kindern hat ihren Median bei 25 dB (entsprechend der gestrichelten Linie). Die Hochtonverluste sind geringer ausgeprägt. Die erkennbaren Ausreißer gehören zu einer Patientin im Kleinkindalter.

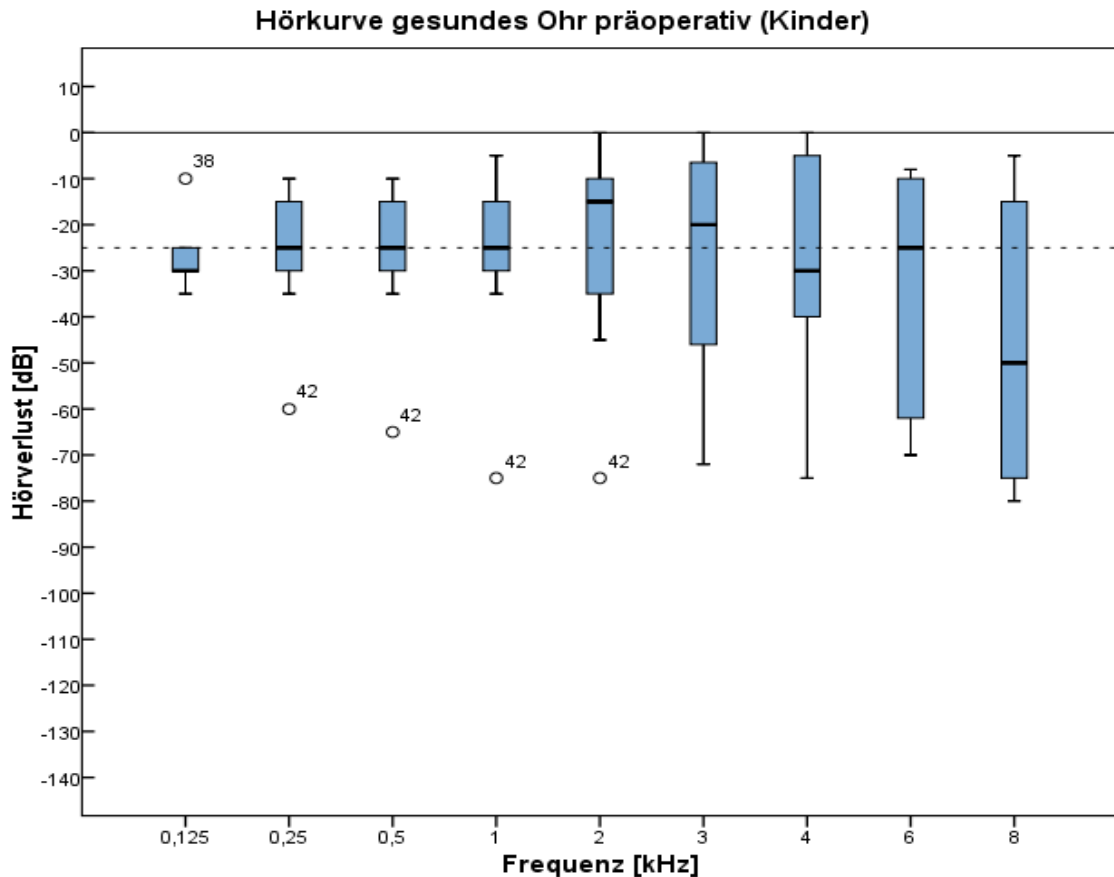


Abbildung 8: Hörkurve gesundes Ohr präoperativ (Kinder): in der Abbildung sieht man die gemittelte präoperative Hörkurve des hörgesunden Ohres der $n = 9$ kindlichen Patienten

Die zur Auswertung vorhandenen Fälle für das erkrankte Ohr bei den erwachsenen Patienten entsprechen denen für das gesunde Ohr.

Bei der Subgruppe der Kinder gibt es eine reduzierte Anzahl an ausgewerteten Fällen. Die Hörkurven für das erkrankte Ohr präoperativ zeigen die Taubheit der betroffenen Ohren mit jeweils einem Median des Hörverlustes von 130 dB als Ausdruck des maximalen Hörverlustes.

Die Ausreißer in der Hörkurve für Erwachsene (s. Abbildung 9) sind die einzigen Werte, die keine vollständige Taubheit im Hochtonbereich ausdrücken.

Somit zeigen sich Differenzen über das gesamte Spektrum der getesteten Frequenzen von im Median 98 dB (für das Erwachsenenkollektiv) bzw. 105 dB (für das Kinderkollektiv) zwischen gesundem und erkranktem Ohr vor Implantation.

Ergebnisse

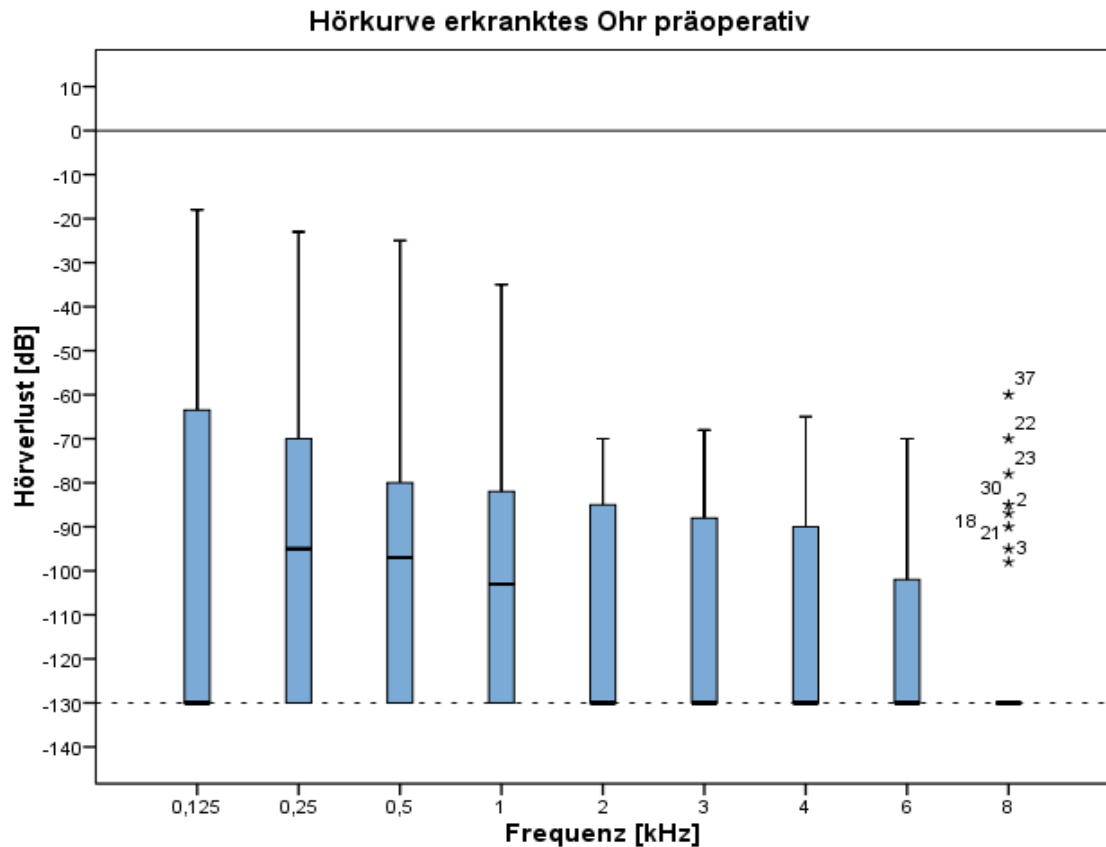


Abbildung 9: Hörkurve erkranktes Ohr präoperativ: in der Abbildung sieht man die gemittelte präoperative Hörkurve des erkrankten Ohres der n = 37 erwachsenen Patienten

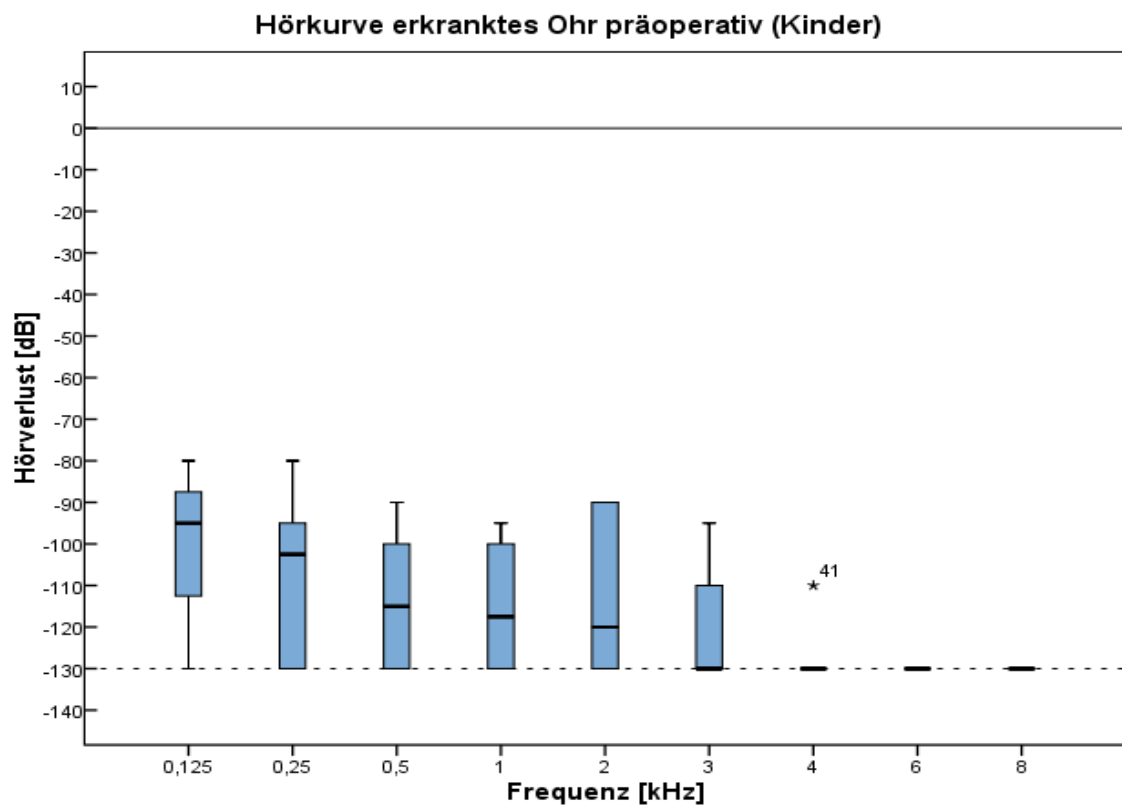


Abbildung 10: Hörkurve erkranktes Ohr präoperativ (Kinder): in der Abbildung sieht man die gemittelte präoperative Hörkurve des erkrankten Ohres der n = 9 kindlichen Patienten

4.2.1.2. Hörkurve 3 Monate postoperativ

Die Hörkurven 3 Monate nach Operation sind der Ausdruck der ersten Anpassungen des Audioprozessors des CI am erkrankten Ohr. Das *Follow-Up* zu diesem Zeitpunkt wurde von allen Studienteilnehmern durchgeführt.

Die folgenden Hörkurven sind ABK, das bedeutet sie stellen die Schwellenkurve des Prüflings unter Verwendung einer Hörhilfe - in diesem Fall dem CI - bei Vertäubung des kontralateralen Ohres dar.

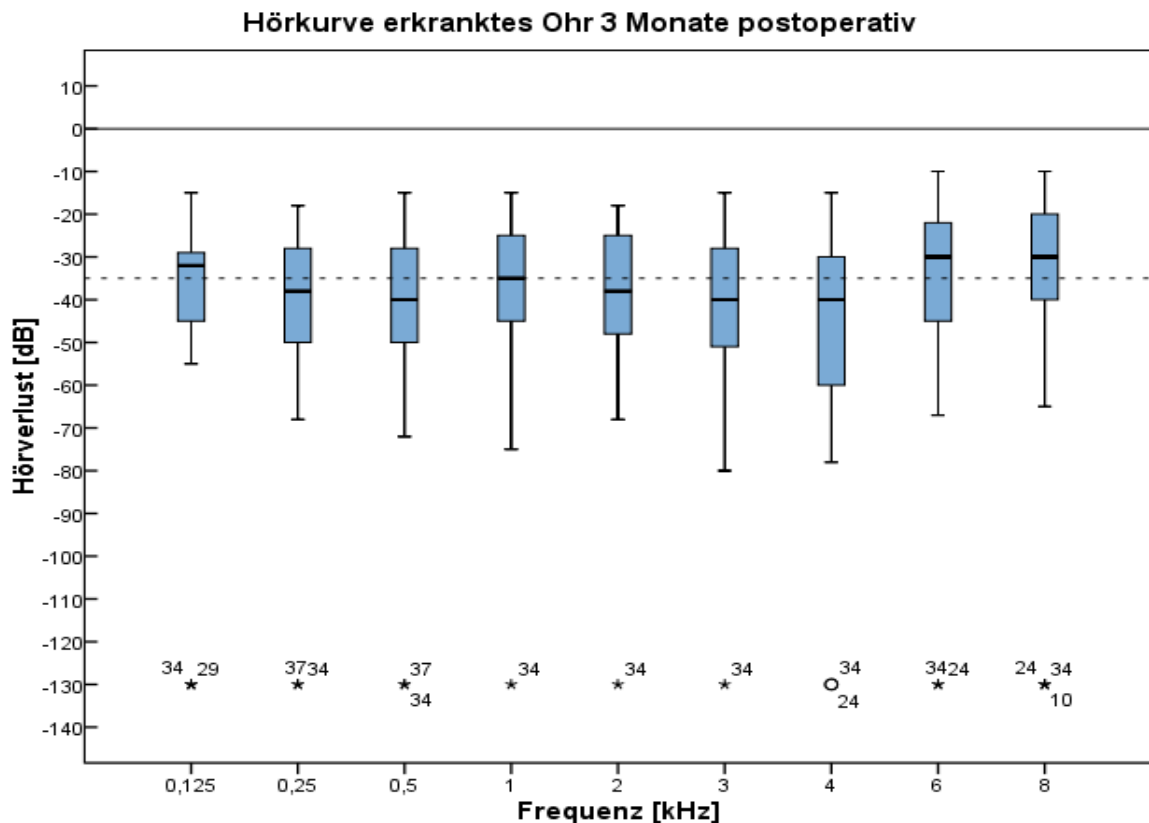


Abbildung 11: Hörkurve erkranktes Ohr 3 Monate postoperativ: die erwachsene Kohorte zeigt eine deutliche Anhebung der Hörkurve drei Monate nach Implantation

Abbildung 11 und Abbildung 12 zeigen die Ergebnisse der Tonaudiometrie 3 Monate nach Implantation. In der ersten Graphik zeigen sich nun Werte deutlich näher an der normalen Hörschwelle im Vergleich zum präoperativen Ergebnis. Die mediane Hörschwelle unter Verwendung des CI liegt bei 35 dB. Dies entspricht einer Differenz der beiden Mediane am erkrankten Ohr von 95 dB im Zeitraum von 3 Monaten.

Fall 34 ist eine Patientin mit kongenitaler einseitiger *Surditas*, die kein Ansprechen in der Tonaudiometrie zu diesem Zeitpunkt zeigte.

Die Hörkurve des Kinderkollektivs zeigt ähnliche Ergebnisse mit einer ebenfalls deutlichen Annäherung an die normale Hörschwelle bei 40 dB im Median unter Verwendung des CI; entsprechend einer Differenz von 90 dB zum Zeitpunkt vor der Implantation.

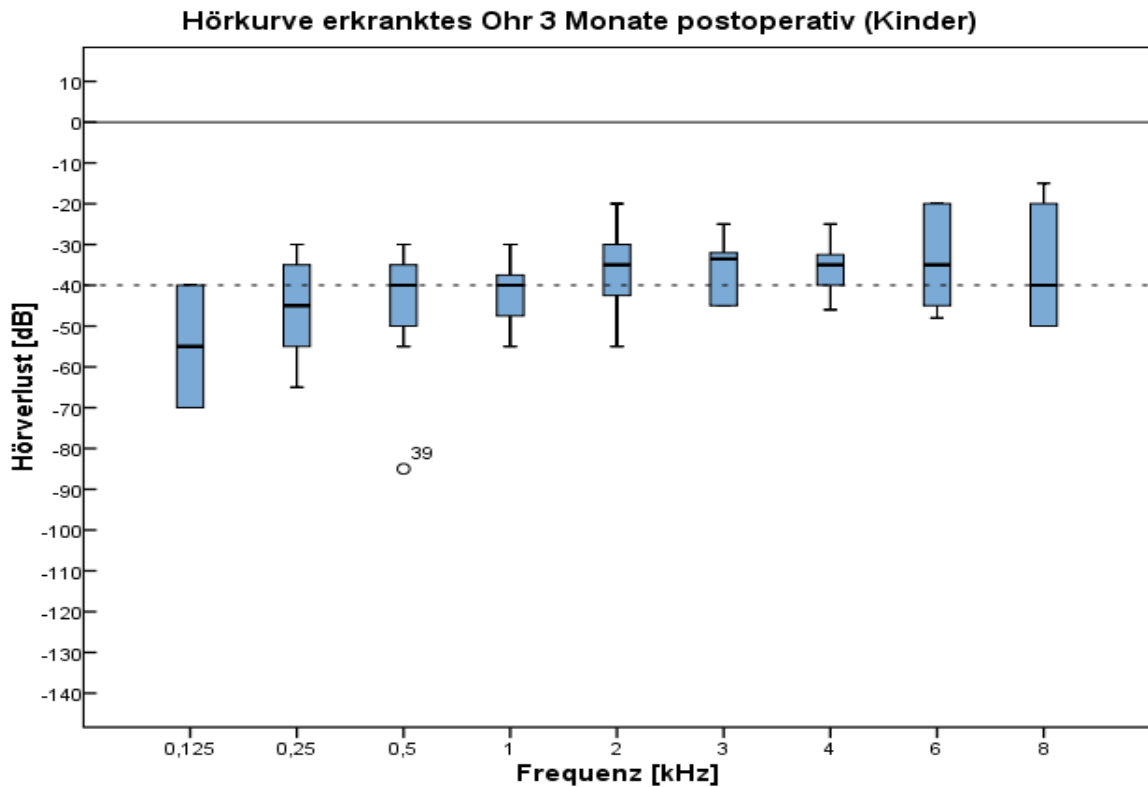


Abbildung 12: Hörkurve erkranktes Ohr 3 Monate postoperativ (Kinder): auch die kindliche Kohorte erreicht deutlich bessere Ergebnisse in der Tonaudiometrie 3 Monate nach Implantation.

4.2.1.3. Hörkurve 12 - 36 Monate postoperativ

Für die Hörkurven 12 - 36 Monate postoperativ wurden jeweils die ältesten Tonaudiometrien aus dem Intervall verwendet, um dem Ergebnis 1 Jahr postoperativ möglichst nahe zu kommen. Zu 4 Fällen lag zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit noch kein einjähriges postoperatives *Follow-Up* vor.

Bei den Kindern kam es zu einer reduzierten Anzahl an gültigen Fällen ($n = 4$), da die Eltern eine heimatnähere Versorgung und postoperatives *Follow-Up* wünschten.

Die folgenden Kurven stellen das postoperative *Outcome* ein Jahr nach Implantation dar. Es handelt sich um ABK mit kontralateraler Vertäubung.

Die Ergebnisse der Tonaudiometrien zu diesem Zeitpunkt zeigen ein ähnliches Bild wie die Hörkurven 3 Monate postoperativ. So betragen die Mediane der ABK 35 dB bei beiden Gruppen. Dies entspricht einer Differenz von 0 dB gegenüber dem 3-Monats-Intervall und 95 dB gegenüber den präoperativen Ergebnissen, respektive einer Differenz von 5 dB gegenüber dem 3-Monats-Intervall und 95 dB gegenüber den präoperativen Ergebnissen in der Gruppe der Kinder.

Ergebnisse

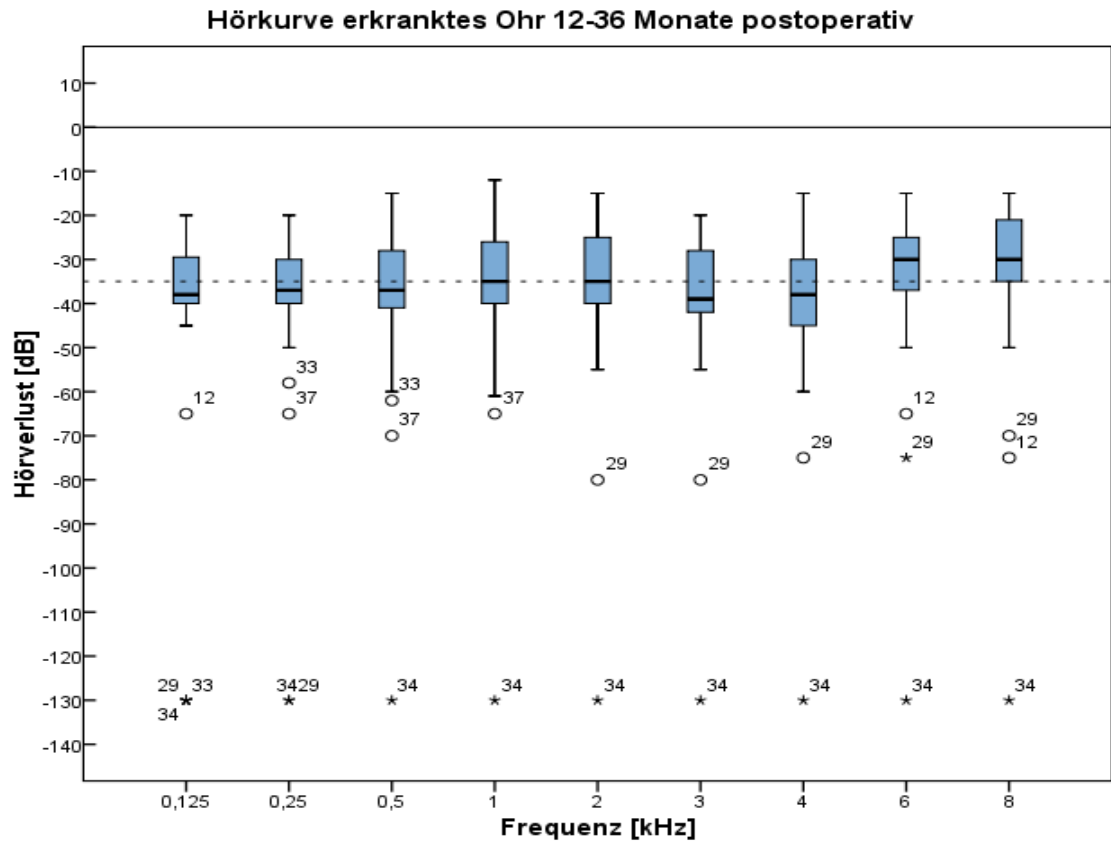


Abbildung 13: Hörkurve erkranktes Ohr 12 - 36 Monate postoperativ: die Hörkurve ähnelt insgesamt den Ergebnissen in Abbildung 11, mit einem nahezu identischen Median

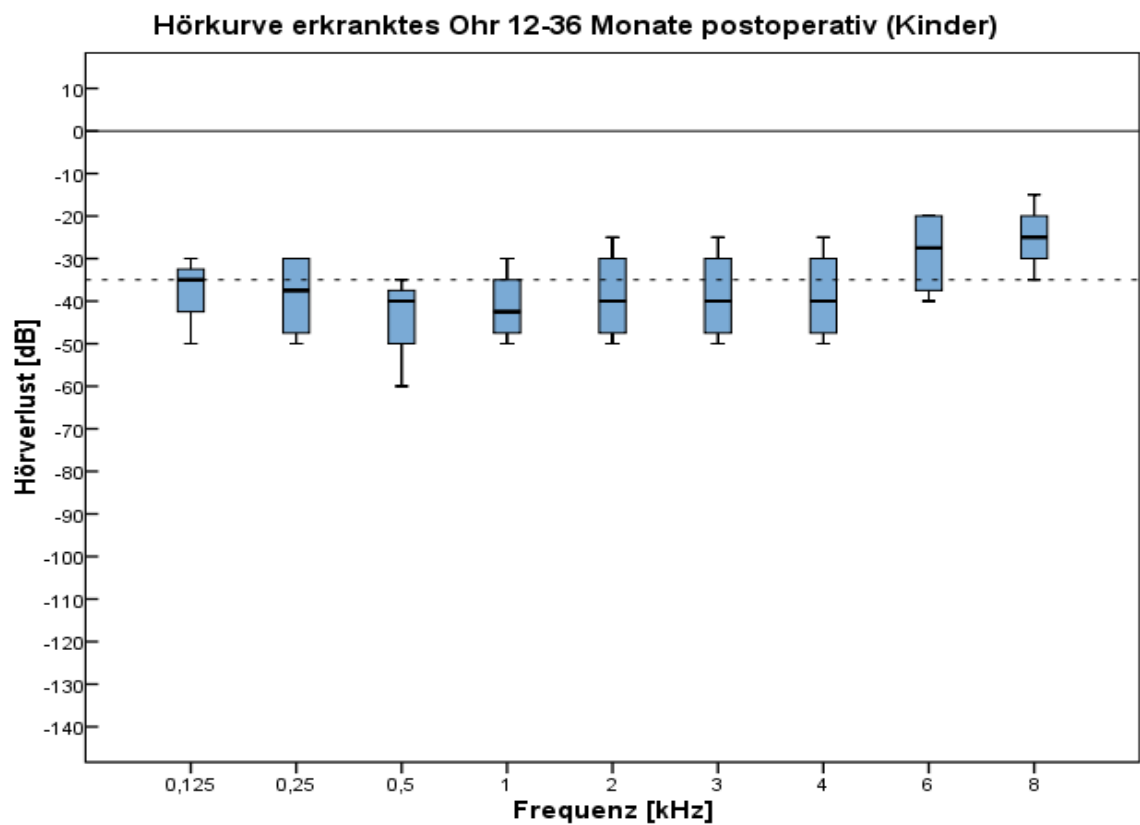


Abbildung 14: Hörkurve erkranktes Ohr 12 - 36 Monate postoperativ (Kinder): die Hörkurve ähnelt insgesamt den Ergebnissen in Abbildung 12 mit einem nahezu identischen Median

Fall 34 zeigt weiterhin keinen Hörerfolg mit dem Implantat (vgl. Kapitel 4.2.1.2.). Fall 29, ein männlicher Patient mit einer einseitigen *Surditas* bei Morbus Menière seit Kindheitstagen, zeigt ebenfalls einen verzögerten Hörgewinn. Im 3-Monats-Intervall war dieser Patient nicht unter den milden Ausreißern (entsprechend 1,5x IQR).

Die restlichen Ausreißer betreffen lediglich einzelne Frequenzen bei drei weiteren Fällen.

4.2.1.4. Mittlere Verbesserung über ausgewählte Frequenzen

Zur besseren Übersicht der Ergebnisse der Tonaudiometrie in dieser Studie wird im Folgenden betrachtet, wie sich die Mittelwerte der Hörverluste der einzelnen Frequenzen in den Intervallen entwickeln.

Dazu wurden zwei Betrachtungen differenziert: zunächst wurden die Hörverluste der 7 am häufigsten in Tonaudiometrien getesteten Frequenzen (250, 500, 1000, 2000, 4000, 6000 und 8000 Hz) für jeden Patienten zu jedem Intervallzeitpunkt der Studie gemittelt. In einer zweiten Ansicht wurden lediglich die Hörverluste für 500, 1000, 2000 und 4000 Hz gemittelt. Dies entspricht den Frequenzen, die der Röser-Tabelle von 1973 zur Begutachtung von Hörschädigungen zugrunde liegen (Boenninghaus and Roser, 1973). Im nächsten Schritt wurden für die gebildeten Mittelwerte für die Untersuchungszeitpunkte präoperativ, 3 Monate postoperativ und 12 - 36 Monate postoperativ alle möglichen Differenzen gebildet, sodass für jeden Patienten betrachtet werden konnte, um wieviel dB sich der Hörverlust pro Intervall nach Implantation verändert hat.

In der folgenden deskriptiven Statistik wurde für die Graphiken das Kollektiv von $n = 33$ Patienten zugrunde gelegt, für die zum Zeitpunkt des Erstellens dieser Arbeit die vollständigen *Follow-Up* Daten vorlagen.

Die Ergebnisse zeigen für die 7 ausgewählten Frequenzen eine signifikante Verbesserung der Hörschwelle von im Mittel $66,8 (\pm 27,1)$ dB für das Intervall präoperativ / 3 Monate postoperativ ($p < 0,001$).

Für den Zeitraum zwischen 3 und 12 - 36 Monaten nach Implantation zeigt sich eine Verbesserung von $3,9 (\pm 10,4)$ dB ($p = 0,154$).

Über den gesamten beobachteten Zeitraum ergibt sich eine signifikante Verbesserung von $69,5 (\pm 25,8)$ dB ($p < 0,001$).

In dem untenstehenden Diagramm werden die zuvor beschriebenen Ergebnisse noch einmal graphisch dargestellt. Dabei steht jeder Boxplot für die Verbesserung in einem der drei möglichen Intervalle (präoperativ/3 Monate, 3 Monate/12 - 36 Monate und präoperativ/12 - 36 Monate). Auf der y-Achse ist dabei der Hörverlust dokumentiert. Der jeweils jüngere Wert wurde hierbei vom älteren subtrahiert und der Hörverlust als positive Zahl ausgedrückt.

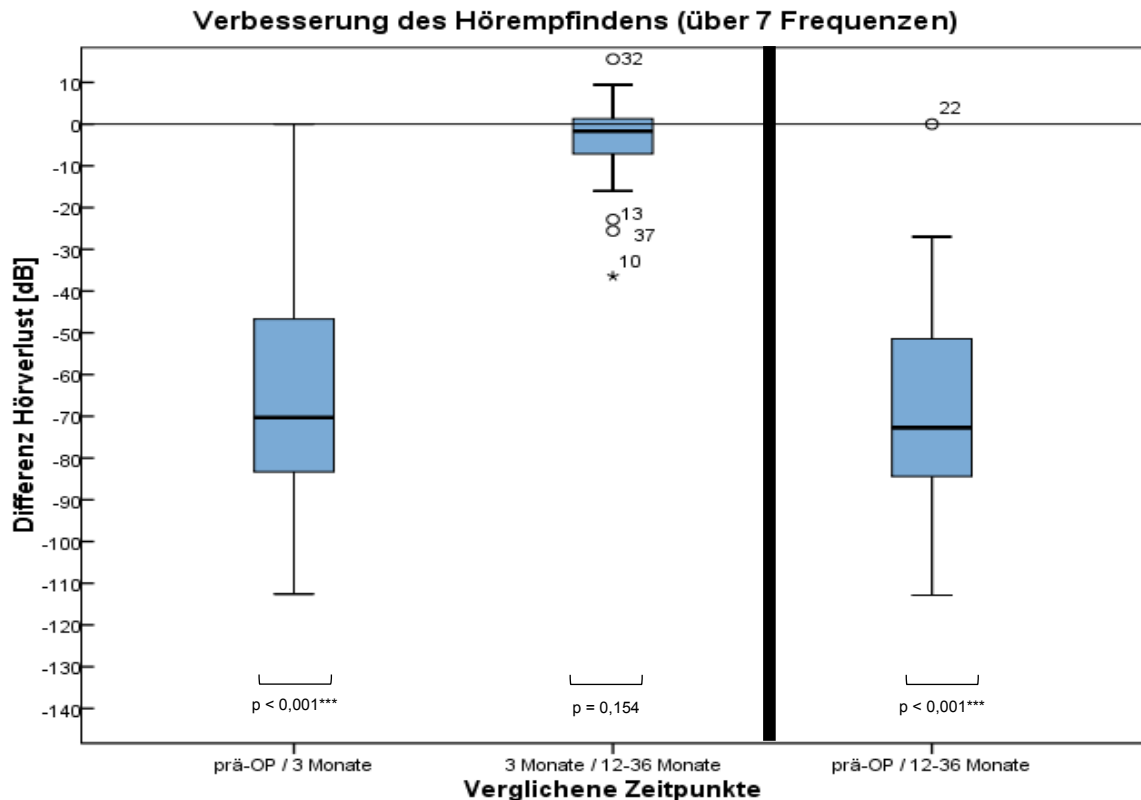


Abbildung 15: Verbesserung des Hörempfindens über 7 ausgewählte Frequenzen: es kann deutlich gezeigt werden, dass die hauptsächlichste Verbesserung der Hörschwelle in den ersten drei postoperativen Monaten erfolgt

Es zeigt sich deutlich, dass der Großteil des Hörerfolgs mit dem Implantat nach einem Jahr postoperativ bereits in den ersten drei Monaten nach Operation erfolgt. In den weiteren Monaten erreichen die Patienten eine kaum höhere Hörschwelle (vgl. mittleres Boxplot).

In einer zweiten Betrachtung wurden dieselben Berechnungen durchgeführt, jedoch auf Grundlage von nur noch 4 Frequenzen, entsprechend der Tabelle nach Röser von 1973 (500, 1000, 2000 und 4000 Hz).

Es ergibt sich eine mittlere Hörverbesserung von 63,8 ($\pm 27,4$) dB in den ersten drei Monaten ($p < 0,001$). In dem zweiten Teil des Gesamtintervalls zeigt sich eine mittlere Hörverbesserung von 3,9 ($\pm 8,9$) dB ($p = 0,225$).

Über den gesamten Zeitraum betrachtet verbessert sich der Mittelwert signifikant um 66,3 ($\pm 27,4$) dB ($p < 0,001$).

Somit zeigt sich auch für die maßgeblich für den Sprachgebrauch genutzten Frequenzen ein vergleichbares Ergebnis zu der gesamten Bandbreite der getesteten Frequenzen. Die hauptsächlichste Verbesserung findet in den ersten drei Monaten nach Implantation statt.

Abbildung 16 zeigt sich im Gesamteindruck ähnlich zu der bereits vorher verwendeten Graphik für die Verbesserung des Hörempfindens über 7 Frequenzen.

Erkennbar ist die Ähnlichkeit der beiden äußeren Boxplots zueinander sowie die Charakteristika der mittleren Kastengraphik im Intervall 3 Monate / 12 - 36 Monate postoperativ: kleine Ausdehnung und Nähe zur Nulllinie.

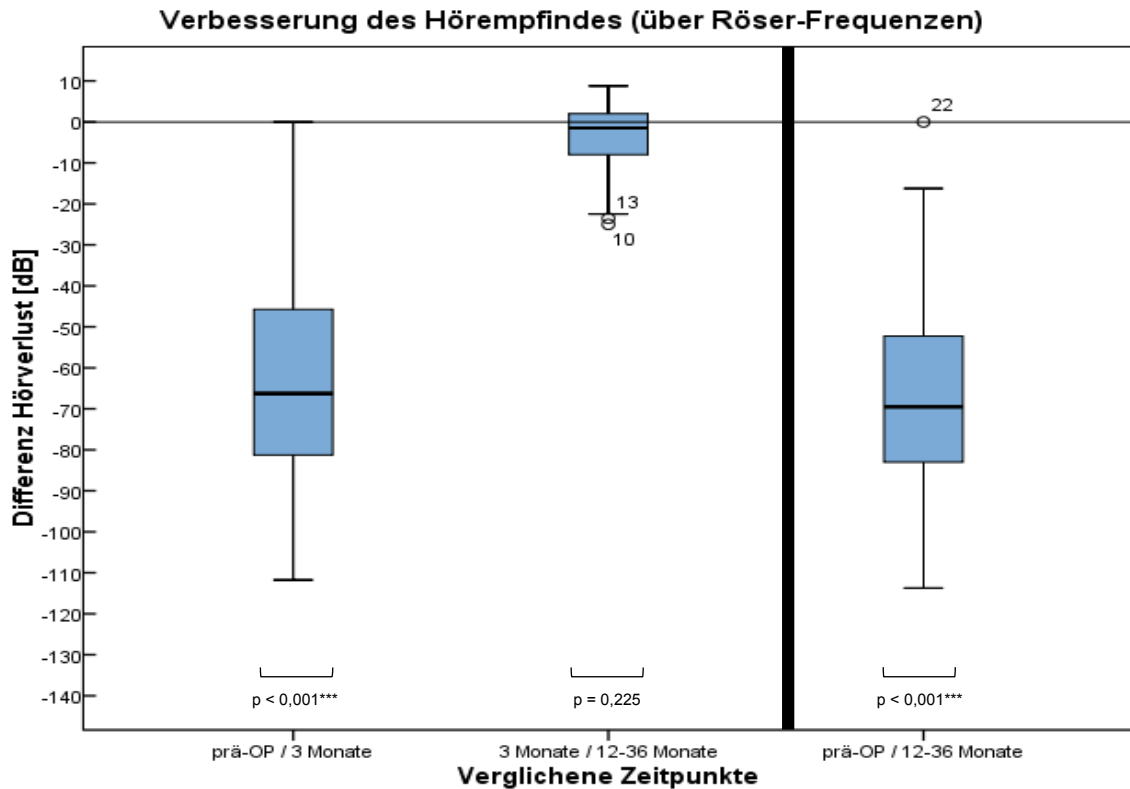


Abbildung 16: Verbesserung des Hörempfindes über die Röser-Frequenzen: auch in den für den Sprachgebrauch entscheidenden Röser-Frequenzen erfolgt der Großteil des Anhebens der Hörschwelle in den ersten drei postoperativen Monaten.

4.2.2. Freiburger Sprachtest

Die Ergebnisse der untenstehenden Freiburger Sprachaudiometrien wurden zu den Zeitpunkten präoperativ, 3 und 12 - 36 Monate postoperativ erhoben (s. Abbildung 17 bis Abbildung 19).

Hierbei wird nun das Kollektiv der 37 erwachsenen Patienten betrachtet, die tatsächlich in der Lage waren, eine Freiburger Sprachaudiometrie korrekt durchzuführen.

Bei einzelnen Patienten lagen Teile der audiometrischen Ergebnisse zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit nicht vor. Es erfolgte ein Fall-für-Fall-Ausschluss.

4.2.2.1. Entwicklung des Zahlenverstehens

Das Zahlenverstehen in der Freiburger Sprachaudiometrie als Indikator des Schwellengehørs für Sprache wurde für nahezu alle Patienten erfasst. Lediglich ein Patient erhielt zu keinem Zeitpunkt ein Ergebnis. Bei vier weiteren Patienten waren noch keine 12 Monate seit der Implantation vergangen. Die Ergebnisse beziehen sich auf den

erreichten Prozentwert korrekt wiedergegebener Zahlwörter bei 65 dB SPL. Präoperativ ergibt sich somit ein Ergebnis von im Mittel 4 (± 19) % im Zahlenverstehen. Der Median liegt hier bei 0 %. Die beiden extremen Ausreißer – und damit die einzigen Werte > 0 % - haben noch ein Restgehör mit funktionellem Sprachverstehen. Fall 7, ein männlicher Patient mit kongenitaler SSD, hat dabei als einziger Patient auch eine geringe Restfunktion in der Sprachunterscheidung (vgl. Kapitel 4.2.2.2.). Fall 21, ein männlicher Patient mit ASHL nach idiopathischem Hörsturz, zeigt lediglich ein anteiliges Zahlenverstehen im Freiburger Sprachtest ohne ähnliche Ergebnisse bei einsilbigen Substantiven. Drei Monate nach Implantation steigen die Ergebnisse auf durchschnittlich 67 (± 42) % und nach 12 - 36 Monate postoperativ auf 72 (± 40) % im Mittel. Die sind signifikante Verbesserungen mit p-Werten $< 0,001$. Die Mediane liegen dabei bei 90 beziehungsweise 100 %. Die Verbesserung des Zahlenverstehens vom Zeitpunkt drei Monate postoperativ bis zum Endpunkt dieser Studie zeigt sich nicht signifikant ($p = 0,16$). Ungefähr ein Jahr nach Implantation erreichen über 50 Prozent der Patienten ein Ergebnis von 100 % im Zahlenverstehen bei 65 dB SPL bei jedoch zunehmender Standardabweichung (s. Abbildung 17).

Entwicklung des Zahlenverstehens am erkrankten Ohr

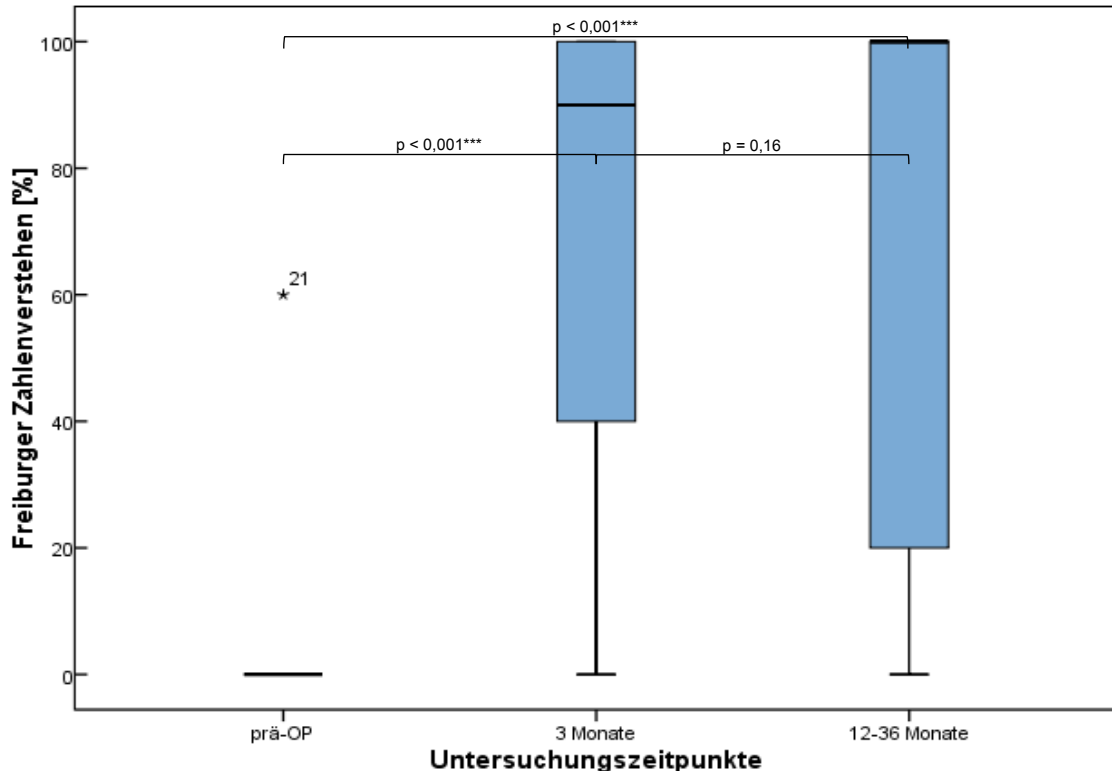


Abbildung 17: Entwicklung des Zahlenverstehens am erkrankten Ohr: präoperativ werden keine Zahlen im Median korrekt wiedergegeben und nach einem Jahr postoperativen erkennt der Großteil 100 % der Zahlen im Freiburger Sprachtest.

4.2.2.2. Entwicklung des Einsilberverstehens

Das Verstehen einsilbiger Substantive bei 65 dB SPL in der Freiburger Sprachaudiometrie als Ausdruck der Fähigkeit Sprache zu differenzieren wird in der vorliegenden Studie als wesentlicher Parameter für den Erfolg der Implantation gewertet. Die Ergebnisse entsprechen dem Prozentwert korrekt wiedergegebener einsilbiger Substantive bei 65 dB SPL.

Präoperativ ergibt sich als Indikator der Taubheit ein Ergebnis von 0,6 ($\pm 3,5$) % im Verstehen der Einsilber. Drei Monate nach der Operation ergibt sich ein gemittelttes Ergebnis von 27 (± 31) % und ein Jahr nach Implantation ein gemittelttes Ergebnis von 42 (± 26) % bei einer Lautstärke von 65 dB. Die Mediane liegen bei 25 beziehungsweise 50 %. In der untenstehenden Graphik zeigt sich die zuvor beschriebene Entwicklung der Ergebnisse im beobachteten Zeitraum (s. Abbildung 18). Es ist eine sukzessive Verbesserung des Einsilberverstehens am erkrankten Ohr erkennbar.

Dabei erreicht mindestens die Hälfte der betrachteten Patienten ein Einsilberverstehen von 50 % oder mehr bei einer Lautstärke von 65 dB.

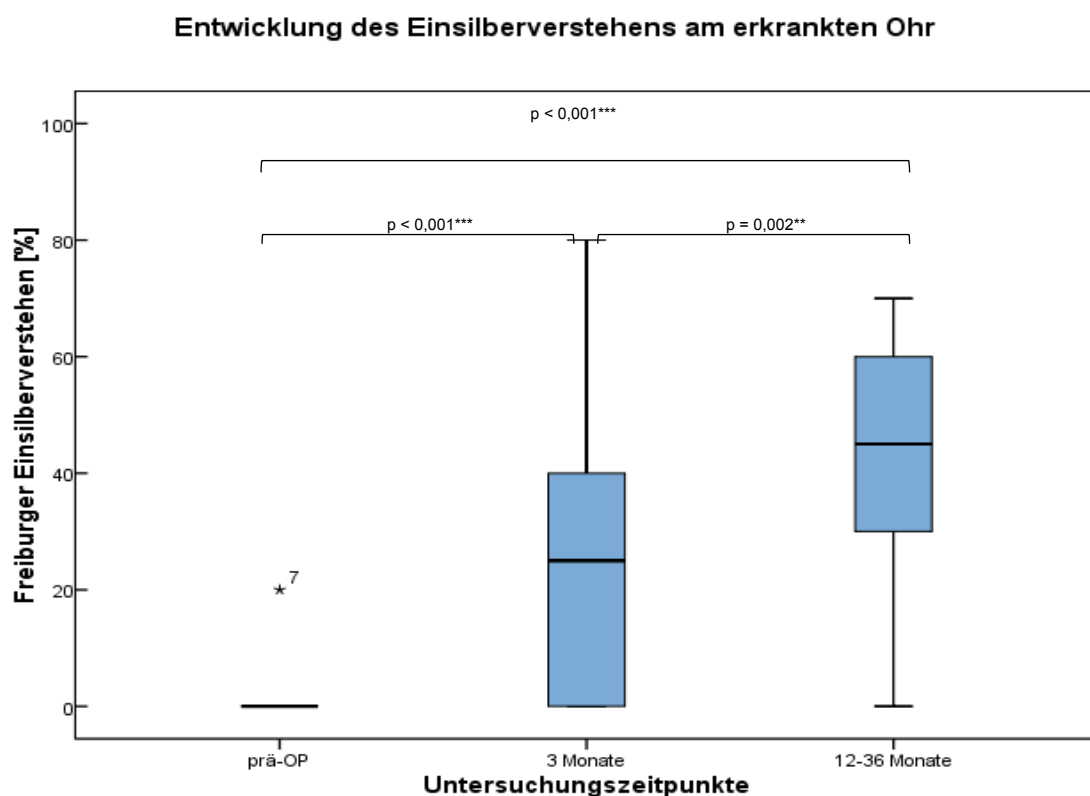


Abbildung 18: Entwicklung des Einsilberverstehens am erkrankten Ohr: das Verstehen einsilbiger Worte im Freiburger Sprachtest zeigt ebenfalls eine stetige Verbesserung, jedoch geringer ausgeprägt als das Zahlenverstehen (s. Abbildung 17).

Zum besseren Verständnis der Entwicklung der vorangegangenen Ergebnisse wird im Folgenden aufgezeigt, wie sich das Einsilberverstehen jeweils im Intervall entwickelt. Analog zu den mittleren Differenzen über die Hörkurven wurden hierbei auch Differenzen

gebildet: für die Zeiträume präoperativ / 3 Monate postoperativ, 3 Monate / 12 - 36 Monate postoperativ und präoperativ / 12 - 36 Monate postoperativ wurde für jeden Patienten einzeln der Unterschied zwischen den Ergebnissen des Einsilberverstehens zu den 3 genannten Zeitpunkten bestimmt. Es handelt sich um Angaben in Prozent.

Das Patientenkollektiv zeigt signifikante Verbesserungen im Einsilberversprechen postoperativ. Es ergab sich eine mittlere Verbesserung des Einsilberversprechens von 23 (± 28) % in den ersten drei Monaten nach der Operation ($p < 0,001$). Für den weiteren Zeitraum bis 12 - 36 Monate nach Implantation verbesserten sich die Patienten durchschnittlich um weitere 16 (± 23) % ($p = 0,02$).

Betrachtet man den gesamten Zeitraum so gewinnt der durchschnittliche Patient 41 (± 26) Prozentpunkte im Freiburger Einsilbertest. Dies ist statistisch signifikant ($p < 0,001$). Die nachfolgende Graphik zeigt nochmals die stufenweise Verbesserung des Einsilberversprechens (s. Abbildung 19).

Dabei gleicht der äußerste rechte Boxplot nahezu dem Gesamtergebnis des Einsilberversprechens zum Zeitpunkt 12 - 36 Monate postoperativ (bei einem Ausgangswert von durchschnittlich 0,6 % Einsilberversprechen präoperativ).

Erkennbar ist, dass die beiden linken Boxplots sich, mit nahe beieinanderliegenden Medianen und ähnlichen Wertebereichen, sehr ähneln.

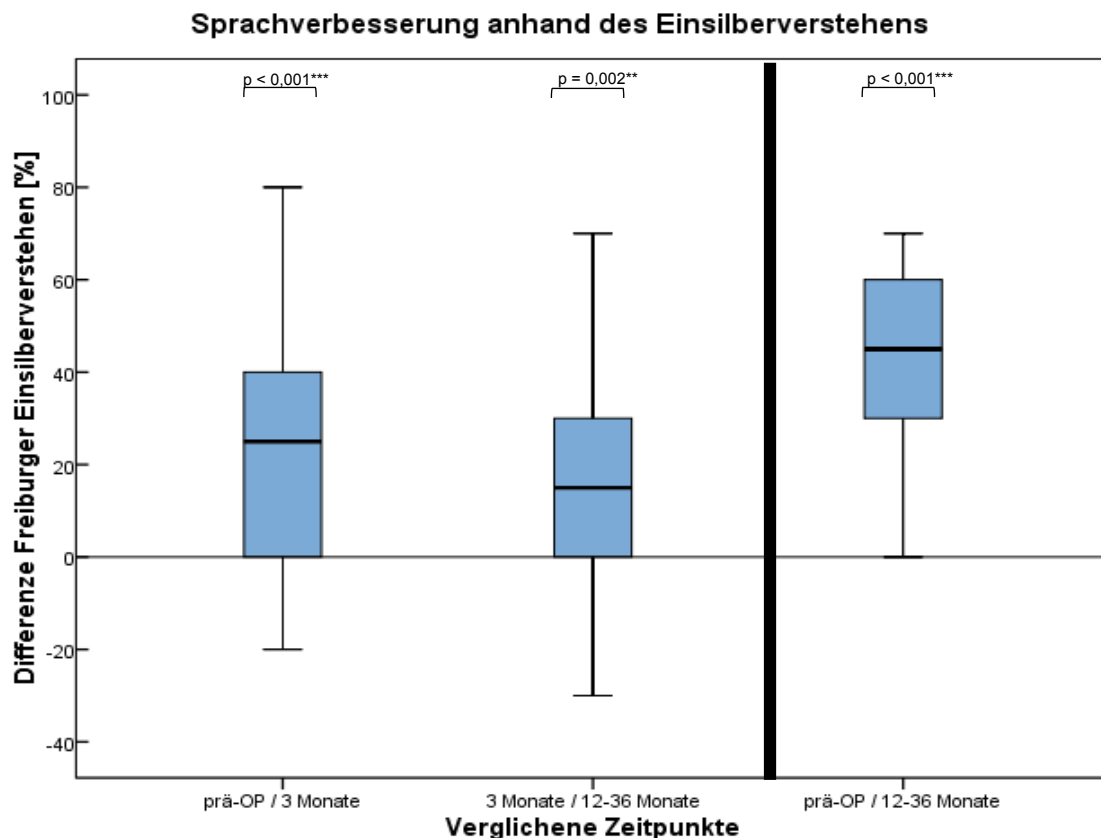


Abbildung 19: Sprachverbesserung anhand des Einsilberversprechens: die Entwicklung des Einsilberversprechens verläuft stetig im beobachteten Zeitraum weiter.

4.2.2.3. Zusammenhang zwischen subjektiver Ertaubungsdauer und postoperativem Einsilberverstehen

Die Hauptfragestellung dieser Studie beschäftigt sich mit dem postoperativen *Outcome*, hier ausgedrückt durch das Einsilberverstehen in der Freiburger Sprachaudiometrie nach 12 - 36 Monaten, vor dem Hintergrund der subjektiven Ertaubungsdauer eines Patienten mit SSD/ASHL.

Zur Annäherung erfolgt zuerst die Betrachtung des Zusammenhangs der Ertaubungsdauer mit den Ergebnissen der Freiburger Einsilber nach 3 Monaten.

Hier wurde vereinfacht eine lineare Regression zur Beurteilung gewählt, um die Vergleichbarkeit mit weiteren Ergebnissen zu gewährleisten.

Zusammenhang zwischen Ertaubungsdauer und Einsilberverstehen des erkrankten Ohres 3 Monate nach Implantation

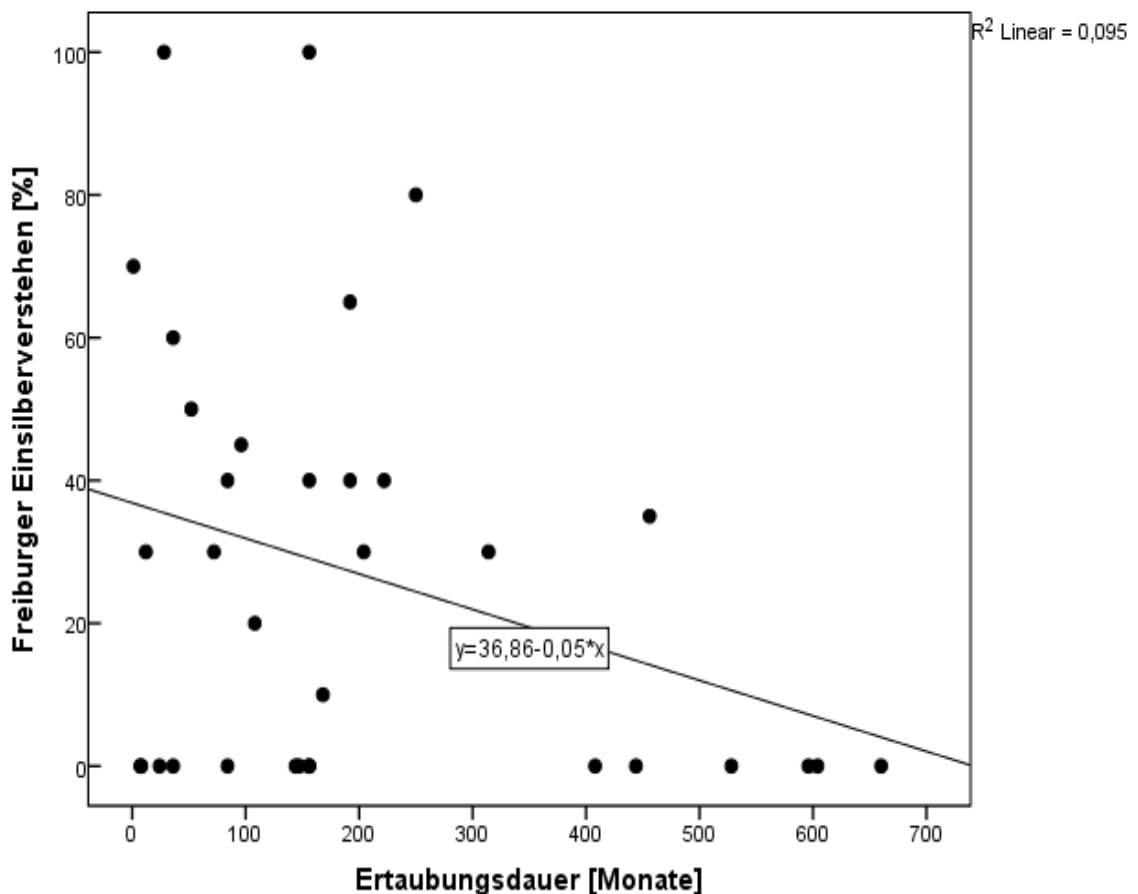


Abbildung 20: Zusammenhang zwischen subjektiver Ertaubungsdauer und Einsilberverstehen des erkrankten Ohres 3 Monate post-OP: es kann keine signifikante Korrelation zwischen präoperativer Ertaubungsdauer und den Ergebnissen des Freiburger Einsilberverstehens nachgewiesen werden

Die einzelnen Punkte in Abbildung 20 repräsentieren jeweils einen Patienten mit seinem 3-Monats-Ergebnis im Einsilbertest sowie seiner subjektiven Ertaubungsdauer vor der Operation.

Ergebnisse

Die eingelegte Gerade wird beschrieben mit $y = 36,86 - 0,05 \cdot x$. Die Daten sind weit gestreut (Bestimmtheitsmaß $R^2 = 0,095$) und der Signifikanzwert mit $p = 0,309$ hoch. Somit besteht weder eine relevante noch eine signifikante Korrelation zwischen Ertaubungsdauer und *Outcome* zu diesem Zeitpunkt..

Der Ranglistenkorrelationskoeffizient nach Spearman-Rho mit $r_s = -0,18$ deutet ebenfalls auf das Fehlen einer Korrelation hin.

Tabelle 2: Korrelationen zwischen subjektiver Ertaubungsdauer und Einsilberverstehen des erkrankten Ohres 3 Monate post-OP

			Einsilberverstehen	Ertaubungsdauer
Spearman-Rho	Einsilberverstehen	Korrelationskoeffizient	1,000	-,180
		Sig. (2-seitig)	.	,309
		N	34	34
	Ertaubungsdauer	Korrelationskoeffizient	-,180	1,000
		Sig. (2-seitig)	,309	.
		N	34	37

Abbildung 21 zeigt nochmals die nicht normalverteilten Daten dieser Betrachtung und damit die Grundlage für die Nutzung des Ranglistenkoeffizienten nach Spearman-Rho.

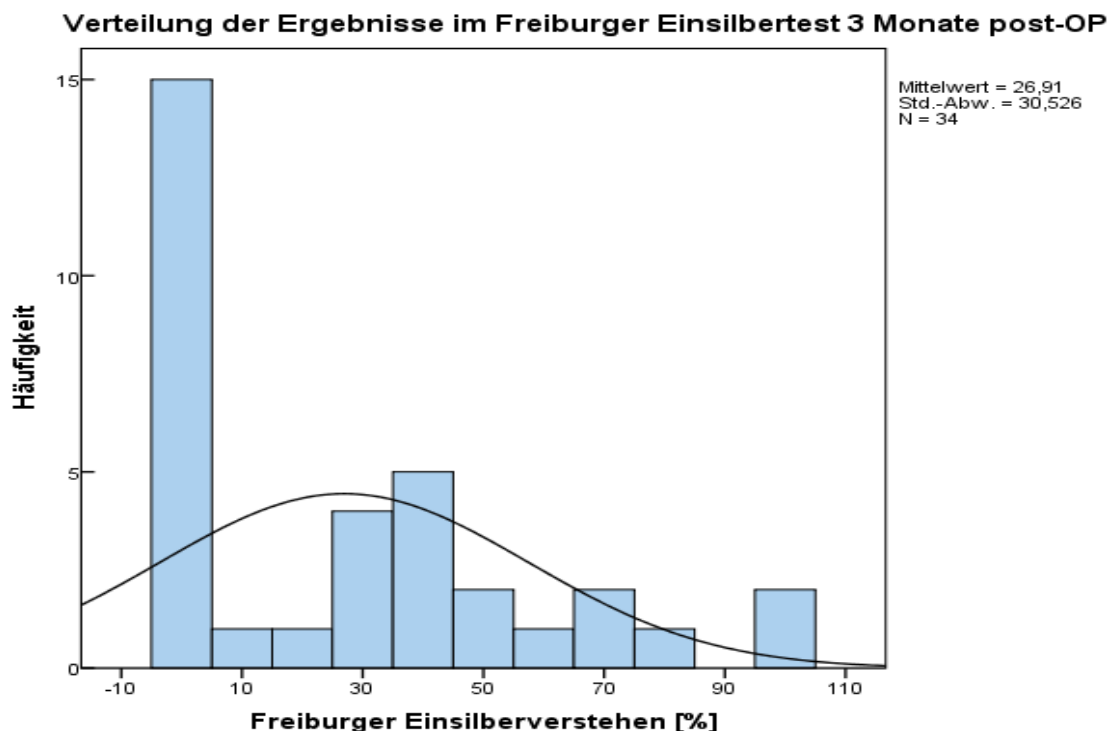


Abbildung 21: Verteilung der Ergebnisse im Freiburger Einsilbertest 3 Monate post-OP: die Ergebnisse zeigen sich nicht normalverteilt

Die Graphik hat einen ausgeprägten Gipfel (44,1 % der Patienten) bei 0 % und einen Mittelwert von 26,9 ($\pm 30,5$) % bei $n = 34$ Patienten.

Für die Hauptfragestellung wird nun der Zusammenhang zwischen subjektiver Ertaubungsdauer und Einsilberverstehen nach 12 - 36 Monaten nach Operation betrachtet. Es erfolgt wiederum eine Betrachtung mittels linearer Regression.

Zusammenhang zwischen Ertaubungsdauer und Einsilberverstehen des erkrankten Ohres 12-36 Monate nach Implantation

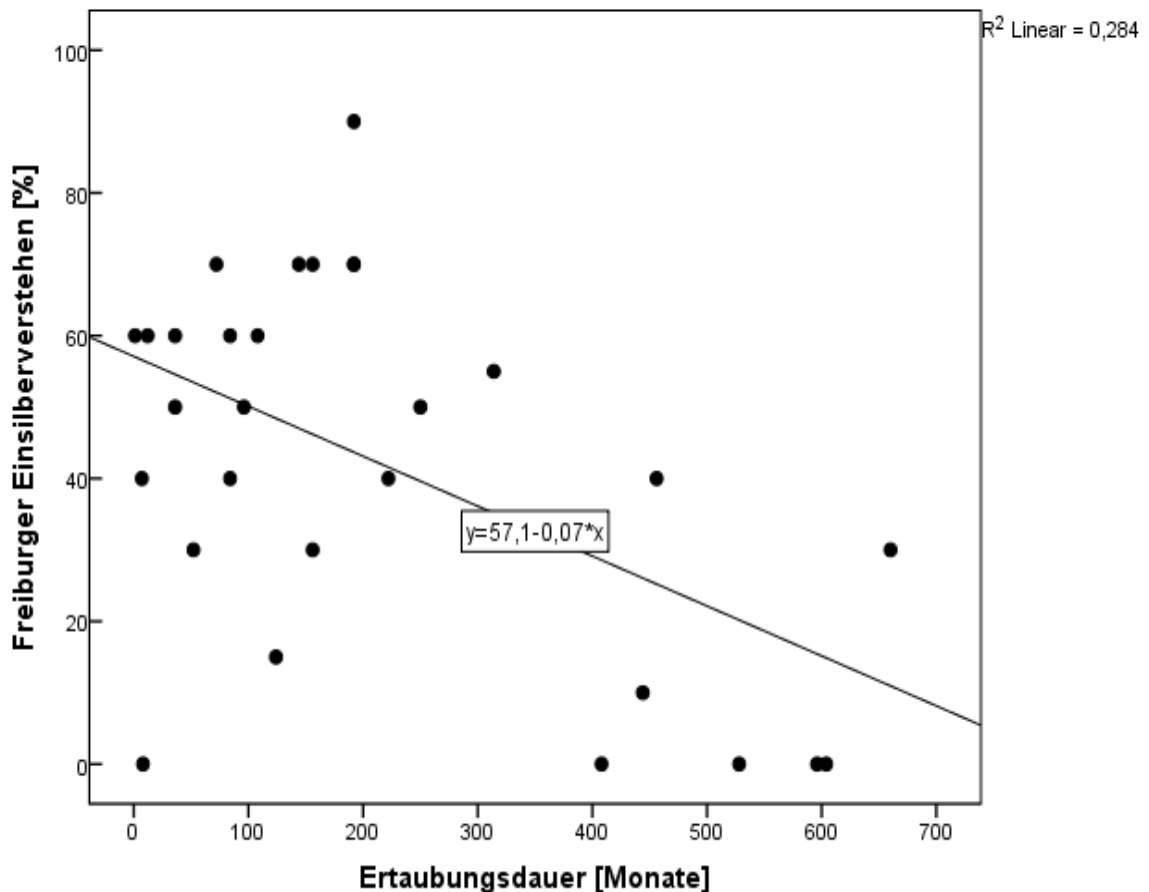


Abbildung 22: Zusammenhang zwischen subjektiver Ertaubungsdauer und Einsilberverstehen des erkrankten Ohres 12 - 36 Monate post-OP: auch zum späteren Beobachtungszeitpunkt wird keine signifikante Korrelation nachgewiesen.

Das Bestimmtheitsmaß ist zu diesem Zeitpunkt mit $R^2 = 0,284$ deutlich höher als zum vorigen Betrachtungszeitpunkt. Auch der im Betrag höhere Ranglistenkoeffizient nach Spearman-Rho mit $r_s = -0,348$ steigt. Trotz der im Betrag gestiegenen Werten sprechen die Werte nicht für eine relevante Korrelation, was sich auch bei Betrachtung der obigen Graphik bestätigt.

Bei der zweiseitigen Testung zeigt sich ein Signifikanzwert von $p = 0,065$. Dies ist weiterhin deutlich über dem postulierten Signifikanzniveau von $\alpha = 5\%$. Das Ergebnis ist weiterhin nicht als statistisch signifikant zu werten.

Ergebnisse

Ein Zusammenhang zwischen subjektiver Ertaubungsdauer und dem Ergebnis im Freiburger Einsilbertest nach 12 - 36 Monaten nach Implantation konnte nicht gezeigt werden.

Tabelle 3: Korrelationen zwischen subjektiver Ertaubungsdauer und Einsilberversuchen des erkrankten Ohres 12 - 36 Monate post-OP

			Einsilberversuchen	Ertaubungsdauer
Spearman-Rho	Einsilberversuchen	Korrelationskoeffizient	1,000	-,348
		Sig. (2-seitig)	.	,065
		N	29	29
	Ertaubungsdauer	Korrelationskoeffizient	-,348	1,000
		Sig. (2-seitig)	,065	.
		N	29	37

Auch diese Daten sind bei Betrachtung von Abbildung 23 nicht annähernd normalverteilt, sodass nach Spearman-Rho korreliert wurde.

Verteilung der Ergebnisse im Freiburger Einsilbertest 12-36 Monate post-OP

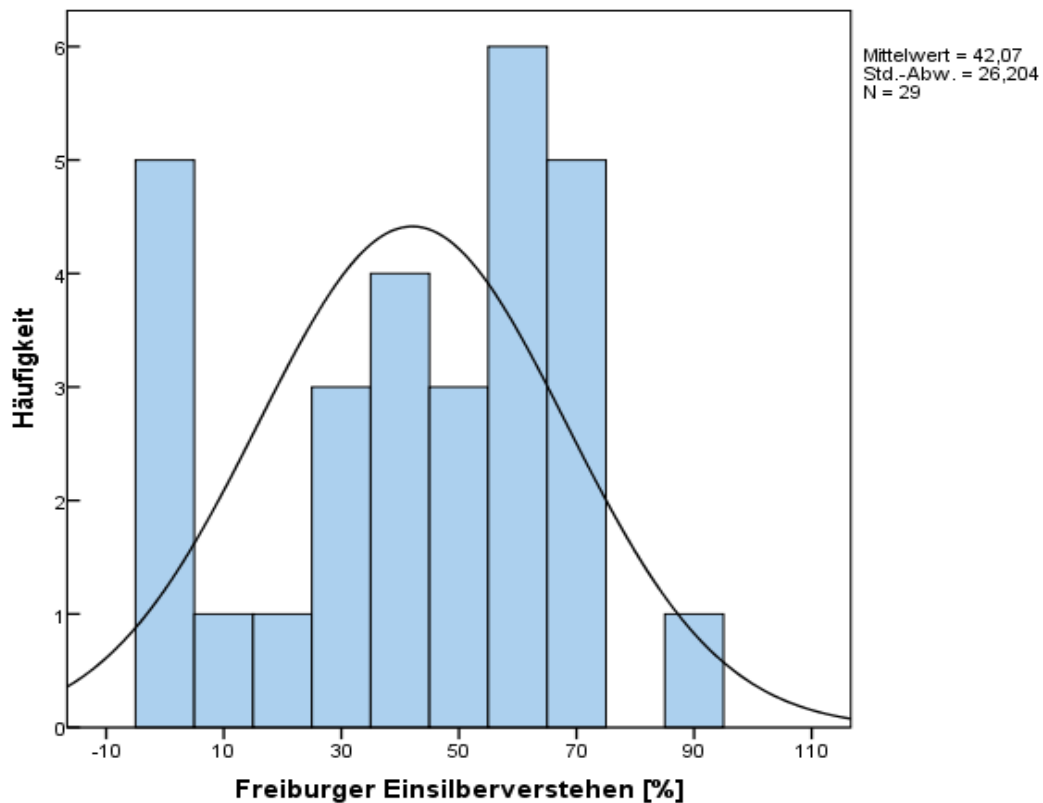


Abbildung 23: Verteilung der Ergebnisse im Freiburger Einsilbertest 12 - 36 Monate post-OP: die Ergebnisse in der Freiburger Audiometrie sind nicht annähernd normalverteilt

Es zeigen sich zwei Gipfel bei 0 % (17 % der Patienten) und 60 – 70 % im Einsilbertest (addiert 39 % der Patienten). Der Mittelwert beträgt 42 (± 26) % bei $n = 29$ Patienten.

Da diese Daten streng genommen nicht alle Voraussetzungen für eine lineare Regression erfüllen, da insbesondere der Wertbereich für das Ergebnis des Einsilbertests durch das Intervall zwischen 0 und 100 % begrenzt ist, wurde in einer weiteren Berechnung durch den statistischen Berater des IMBEI der Universitätsmedizin Mainz die *Zero-inflated Beta Regression* auf die vorliegenden Daten angewandt.

Auch bei dieser statistisch genaueren Analyse zeigte sich kein Hinweis auf einen signifikanten Einfluss der subjektiven Ertaubungsdauer auf das Ergebnis der Freiburger Sprachaudiometrie.

Zur besseren Vergleichbarkeit mit anderen Studien wird mit Kenntnis dieses Ergebnisses die vereinfachte lineare Regression zur Beantwortung der Hauptfragestellung genutzt.

4.2.2.4. Ergebnisse unter Ausschluss von *Non-Respondern*

Die Verteilung der Ergebnisse im Freiburger Einsilbertest 12 - 36 Monate postoperativ zeigt, dass ca. 17 % der Patienten kein einsilbiges Substantiv bei 65 dB SPL korrekt wiedergeben können. Dies entspricht dem schlechtesten Ergebnis in diesem Test bei gegebener Lautstärke.

Die Möglichkeit eines besseren Ergebnisses bei entsprechend höherer Lautstärke bleibt hiervon unberührt. Die Grenze von 65 dB SPL entspricht dem Geräuschpegel der gesprochenen Sprache.

Die oben genannte Verteilung ist durch diese *Non-Responder* nicht als annähernd normalverteilt zu betrachten, da sie neben einem Gipfel zwischen 60 und 70 % im Freiburger Einsilbertest noch einen zweiten Gipfel bei 0 % aufweist.

Daher wurden die Daten zum Einsilberversprechen nach 12 - 36 Monaten nach OP unter Ausschluss dieser *Non-Responder* nochmals mit der subjektiven Ertaubungsdauer korreliert.

Schaut man sich diese Subgruppe nun in der Verteilung nochmals an, zeigt sich eine leicht nach rechts verschobene, annähernd normalverteilte Kurve.

Es ergibt sich ein Mittelwert von 50,83 ($\pm 19,26$) % bei $n = 24$ Patienten.

Im Streu-/Punktdiagramm zeigt sich nun bei einem kleineren Bestimmtheitsmaß ($R^2 = 0,111$) eine abgeflachte Ausgleichsgerade: $y_{\text{Responder}} = 57,64 - 0,04x$ im Vergleich zu $y_{\text{gesamt}} = 57,1 - 0,07x$.

Es fehlen 4 *Non-Responder*, die eine subjektive Ertaubungsdauer vor OP von mehr als 400 Monaten, also gut über 30 Jahren, angegeben haben.

Dabei handelt es sich um zwei Patienten mit kongenitaler *Surditas*, sowie einem Patienten mit *Surditas* nach Felsenbeinfraktur im jungen Erwachsenenalter. Der vierte Patient habe seine Taubheit in Folge eines idiopathischen Hörsturzes erworben. Die fünfte ausgeschlossene Patientin, mit einer vergleichsweise kurzen Ertaubungsdauer von 8 Monaten, hat ebenfalls einen Hörsturz erlitten.

Verteilung der Ergebnisse im Freiburger Einsilbertest 12-36 Monate post-OP unter Ausschluss von Non-Respondern

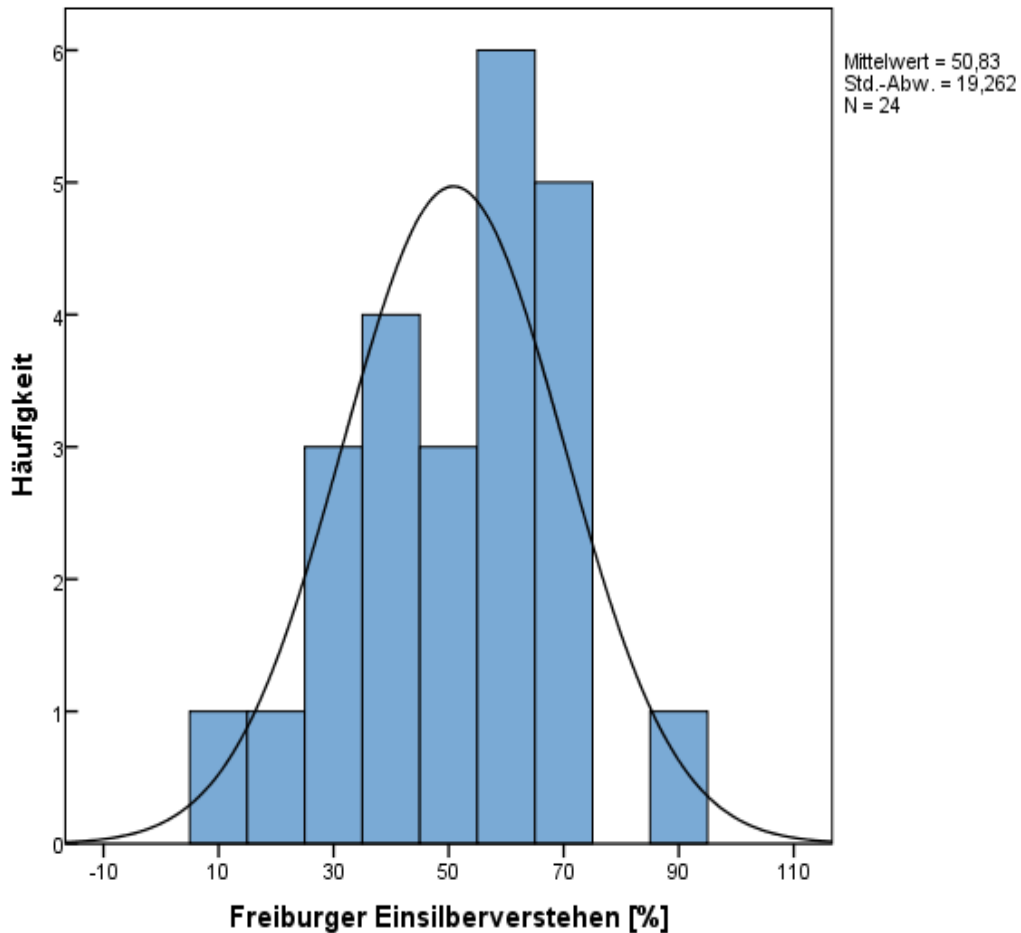


Abbildung 24: Verteilung der Ergebnisse im Freiburger Einsilbertest 12 - 36 Monate post-OP unter Ausschluss von Non-Respondern: ohne Non-Responder zeigt sich eine annähernde Normalverteilung

Aufgrund der annähernd normalverteilten Daten wurde nach Pearson korreliert mit $r_P = -0,334$. Dieser Korrelationskoeffizient ist im Betrag ähnlich zu dem Korrelationskoeffizienten nach Spearman-Rho bei der Berechnung ohne ausgeschlossene Patienten.

Ergebnisse

Tabelle 4: Korrelationen zwischen subjektiver Ertaubungsdauer und Einsilberverstehen des erkrankten Ohres 12 - 36 Monate post-OP unter Ausschluss von Non-Respondern

		Ertaubungsdauer	Einsilberverstehen
Ertaubungsdauer	Korrelation nach Pearson	1	-,334
	Signifikanz (2-seitig)		,111
	N	32	24
Einsilberverstehen	Korrelation nach Pearson	-,334	1
	Signifikanz (2-seitig)	,111	
	N	24	24

Zusammenhang zwischen Ertaubungsdauer und Einsilberverstehen des erkrankten Ohres 12-36 Monate nach Implantation unter Ausschluss von Non-Respondern

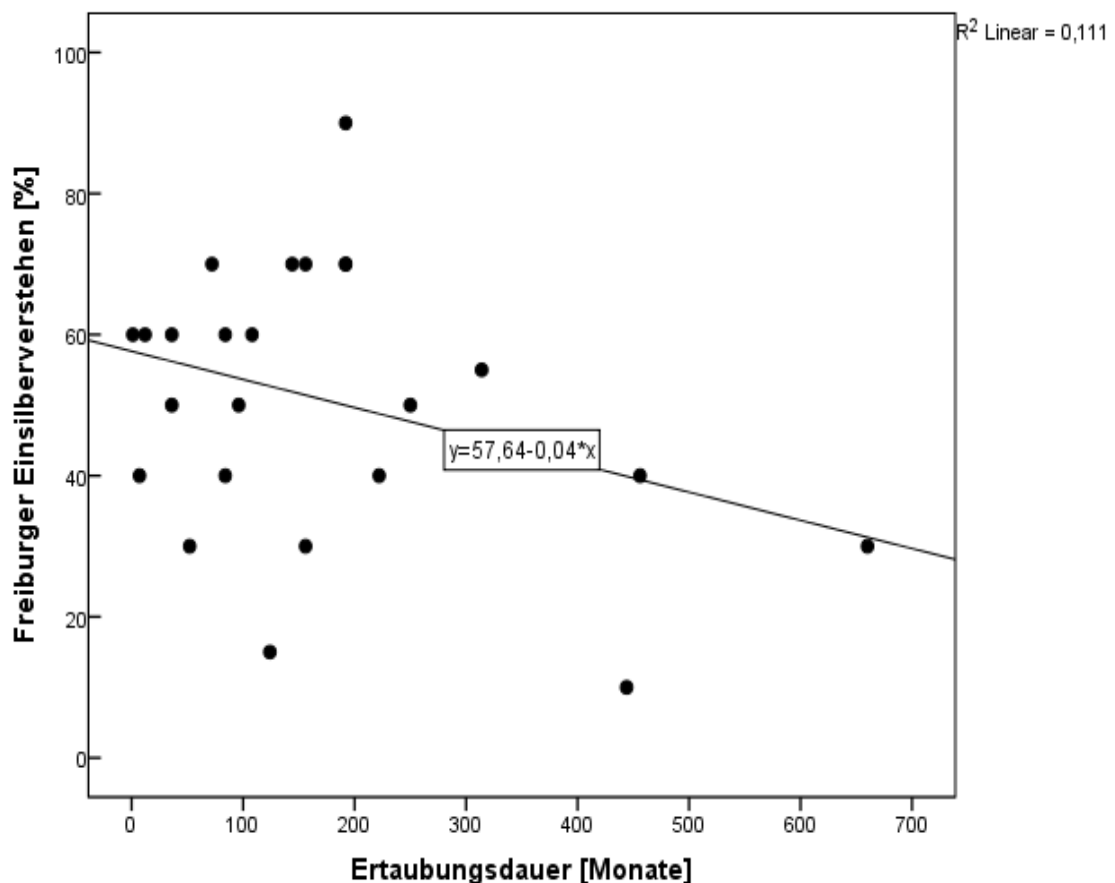


Abbildung 25: Zusammenhang zwischen subjektiver Ertaubungsdauer und Einsilberverstehen des erkrankten Ohres 12 - 36 Monate post-OP unter Ausschluss von Non-Respondern: auch unter Ausschluss der Non-Responder kann keine Korrelation gezeigt werden

Der Signifikanzwert wäre mit $p = 0,111$ deutlich höher als bei der Korrelation der Ergebnisse mit allen verfügbaren Daten nach 12 - 36 Monaten post-OP.

Damit wäre diese Betrachtung nochmals deutlicher höher über dem Signifikanzniveau von $\alpha = 5 \%$.

4.3. Fragebogen

Von den 37 versandten Fragebögen wurden 19 Exemplare ausgefüllt zurückgesandt. Das entspricht einer Rückläuferquote von 51,3 %.

4.3.1. Ergebnisse des BBSS

Die folgende Graphik zeigt entsprechend dem ursprünglichen Design des Fragebogens (vgl. Abbildung 27: BBSS, Seite 1, Abbildung 28: BBSS, Seite 2) die einzelnen Antworten der Patienten als Boxplots innerhalb der Ausprägungen von -5 bis +5.

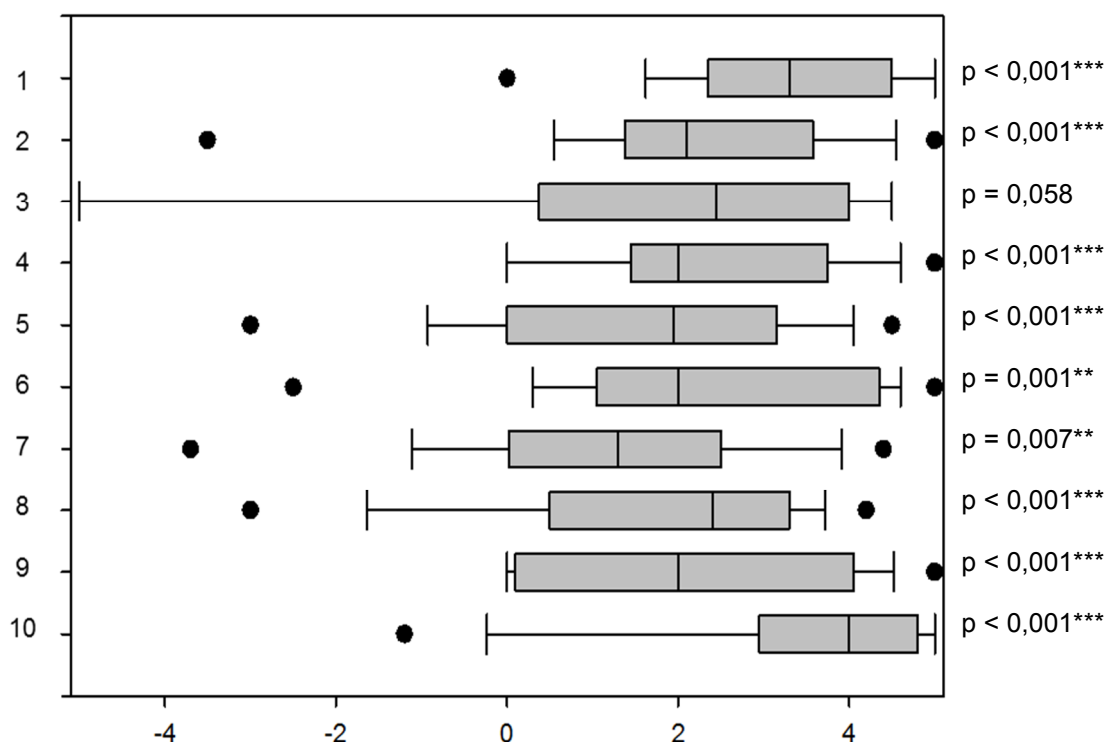


Abbildung 26: Ergebnisse BBSS: die Nummerierung entspricht dem Fragebogen im Anhang (s. Abbildung 27f), dabei stehen die Zahlen für folgende Items: 1.) Gespräch mit einer Person in ruhiger Umgebung, 2.) Sprachverstehen beim Fernsehen oder im Radio, 3.) Musikhören, 4.) Gespräch in einer Entfernung von 5 m oder mehr, 5.) Gespräch in Lärm/mit Hintergrundgeräuschen, 6.) Gespräch im fahrenden Auto, 7.) Sprachverstehen in halligen Räumen, 8.) Gruppengespräch mit 3 oder mehr Personen, 9.) Lokalisation von (Warn-)Signalen, 10.) Gesamteindruck des Hörens

Die Mediane zeigen sich ebenfalls wie die Markierungen der 25 %-Quartils in allen 10 *Items* im positiven Bereich. Der im Betrag geringste Median ergab sich in Frage 7 mit 1,3 und der im Betrag größte Median in Frage 10 mit 4,0. Das *Item* 3, entsprechend dem Musikhören, zeigt keine signifikante Veränderung beim Tragen der Hörhilfe ($p = 0,058$). Alle anderen *Items* weisen signifikante Veränderungen beim Tragen der Hörhilfe auf mit p-Werten von 0,001 bzw. 0,007 für die *Items* 6 und 7, respektive $p < 0,001$ für die übrigen Kategorien.

5. Diskussion

5.1. Ergebnisse

Die retrospektive Analyse der Patientendaten, audiologischen Ergebnisse und der Patientenbefragungen zu ihrer Lebensqualität bei vorliegender SSD oder ASHL sollte zeigen, ob die subjektive Ertaubungsdauer vor Implantation eines CIs bei diesen Patienten einen negativen prädikativen Faktor für deren postoperatives *Outcome* darstellt. Dabei waren insbesondere die Ergebnisse der Freiburger Sprachaudiometrie im Einsilberversuchen 12 - 36 Monate postoperativ von Interesse. In der statistischen Untersuchung mittels linearer Regression konnte keine signifikante Korrelation detektiert werden. Auch der Ausschluss von *Non-Respondern*, sowie die statistisch genauere *Zero-inflated Beta Regression* zeigten in den Nebenfragestellungen keine signifikante Korrelation zwischen der subjektiven Ertaubungsdauer und dem postoperativen Einsilberversuchen.

Jedoch konnten in den audiologischen Untersuchungen Tendenzen für ein positives postoperatives Ergebnis in Bezug auf die Gewinnung eines Höreindrucks und einer fortschreitenden Sprachdiskrimination ausgemacht werden. So zeigten sich insgesamt deutlich zur Normkurve hin verschobene Hörkurven, die für ein Funktionieren des Implantats zur Generierung von Höreindrücken sprechen. Die Patienten zeigten innerhalb der Phase der Rehabilitation, in der sie den Umgang mit dem Implantat erlernten und in der ihr Sprachprozessor engmaschig angepasst wurde, Fortschritte in der Freiburger Sprachaudiometrie. Dabei wurden in dieser Arbeit vor allem die Ergebnisse berücksichtigt, die in Gesprächslautstärke, also 65 dB SPL, erzielt wurden. Die Ergebnisse BBSS belegen ebenfalls, dass Patienten mit SSD/ASHL insgesamt in ihrem Höreindruck von einer Implantation eines CI profitieren.

Somit müssen noch weitere Faktoren für das postoperative *Outcome* bestehen und identifiziert werden, die das sehr variable Ergebnisfeld erklären.

Der Trend der Daten zu einem schlechteren Hörerfolg nach längerer Ertaubungsdauer lässt sich zwar erkennen, ist jedoch aufgrund seiner fehlenden Signifikanz als Ausdruck der multifaktoriellen Genese für den Erfolg der CI-Implantation zu sehen.

So spielen das Alter bei Implantation, das Tragen eines Hörgeräts oder die Ertaubungsursache ebenfalls eine Rolle im Ergebnis der Hörrehabilitation mittels CI. Kritisch zu betrachten sind die Ergebnisse im Hinblick auf den technischen Fortschritt, die verbesserten OP-Techniken und dem damit verbundenen geringerem OP-Risiko. In Folge dessen konnten öfter ältere Patienten implantiert werden.

Die eingangs gestellten Fragestellungen sind zusammenfassend wie folgt zu beantworten:

Hauptfragestellung:

- Es konnte keine signifikante Korrelation zwischen subjektiver Ertaubungsdauer und postoperativem Einsilberverstehen in der Freiburger Sprachaudiometrie bei 65 dB SPL nachgewiesen werden ($p = 0,065$, $R = 0,533$, $R^2 = 0,284$). Somit stellt die subjektive Ertaubungsdauer vor Implantation eines CI bei einseitiger Ertaubung oder asymmetrischen Hörverlust keinen unabhängigen negativen prädikativen Faktor für das postoperative Einsilberverstehen dar.

Nebenfragestellungen:

1. Es konnte eine Verbesserung von 95 dB im Median für die gesamte Hörkurve im Kollektiv der erwachsenen und kindlichen Probanden gezeigt werden.
2. Für die sieben am häufigsten тонаudiometrisch verwendeten Frequenzen zeigt sich eine Verbesserung des Hörempfindens von durchschnittlich 66,8 ($\pm 27,1$) dB für das Intervall präoperativ / 3 Monate postoperativ. Für den Zeitraum zwischen 3 und 12 - 36 Monaten nach Implantation zeigt sich eine Verbesserung von 3,9 ($\pm 10,4$) dB. Über den gesamten beobachteten Zeitraum ergibt sich eine Verbesserung von 69,5 ($\pm 25,8$) dB.
3. Es ergibt sich eine mittlere Hörverbesserung über die Röser-Frequenzen von 63,8 ($\pm 27,4$) dB in den ersten drei Monaten. In dem zweiten Teil des Gesamtintervalls zeigt sich eine mittlere Hörverbesserung von 3,9 ($\pm 8,9$) dB. Über den gesamten Zeitraum betrachtet verbessert sich der Mittelwert um 66,3 ($\pm 27,4$) dB.
4. Präoperativ ergibt sich ein mittleres Ergebnis von 4 (± 19) % im Zahlenverstehen. Der Median liegt bei 0 %. Drei Monate nach Implantation steigen die Ergebnisse auf 67 (± 42) % im Mittel und nach 12 - 36 Monate postoperativ auf 72 (± 40) % im Mittel. Die Mediane liegen bei 90 beziehungsweise 100 %. Präoperativ ergibt sich ein mittleres Ergebnis von 0,6 ($\pm 3,5$) % Einsilberverstehen. Drei Monate nach der Operation ergibt sich ein gemittelttes Ergebnis von 27 (± 31) % und ein Jahr postoperativ ein Mittelwert von 42 (± 26) %. Die Mediane liegen bei 25 beziehungsweise 50 %.
5. Im Median zeigt sich in allen 10 abgefragten *Items* eine subjektive Verbesserung des Hörens mit Hörhilfe im Vergleich zum Hören ohne Hörhilfe. Die deutlichste Verbesserung mit einem Median bei 4,0 auf eine Skala von -5,0 bis +5,0 ergibt sich in Frage 10, die den allgemeinen Eindruck des Hörens mit Hörhilfe repräsentiert.

In den nachfolgenden Kapiteln werden die Ergebnisse der einzelnen Untersuchungen im Detail diskutiert und mögliche Einflussfaktoren analysiert.

5.1.1. Audiologische Daten

Die audiologischen Daten stellen die Grundlage für die zu Beginn gestellten Fragen nach dem Erfolg der Implantation eines CI bei SSD/ASHL dar. Hierbei sollte stets beachtet werden, dass alle Tests auf die Mitarbeit und das Sprachverstehen des Patienten angewiesen sind. Hierbei ist die Tonaudiometrie mittels Knopfdruck des Patienten beim Erreichen eines Höreindrucks ein subjektiver Test (Probst, 2004). Die Ergebnisse beider audiologischer Untersuchungen, der Tonaudiometrie und des Freiburger Sprachtests, korrelieren miteinander in Bezug auf ein besseres Ergebnis nach Implantation und der Tatsache, dass der Großteil des Fortschritts in diesen Tests in den ersten 3 Monaten nach Implantation stattfindet. Thümmler et al. konnten bereits zeigen, dass die Ergebnisse von Reintonaudiometrie, Freiburger Sprachtest und Oldenburger Satztest miteinander korrelieren (Thummler et al., 2016).

5.1.1.1. Tonaudiometrien

Die Reintonaudiometrien der Patienten wurden in das zur Beantwortung der Fragestellung genutzte Kollektiv ($n = 37$), sowie in eine kleinere Subgruppe von kindlichen Probanden ($n = 9$) eingeteilt. Dabei zeigte sich in der Auflistung der Fallzahlen pro untersuchter Frequenz, dass es in beiden Gruppen zu einer geringeren Anzahl an gewerteten Fällen in den Randfrequenzen, also 0,125, sowie 6 und 8 kHz kam. Dies kann in der Kindergruppe sicherlich auf erschwerte Untersuchungsbedingungen im Kindesalter zurückgeführt werden (Kemaloglu et al., 2005). Bei der Erwachsenenengruppe kam es lediglich zum Fehlen von Ergebnissen im Tieftonbereich, sodass ein untersucherbedingter Fehler denkbar wäre.

Insgesamt zeigen die präoperativen Kurven des gesünderen Ohres der erwachsenen Probanden eine große Streuung mit größeren Verlusten im Hochtonbereich. Der Median von 32 dB Hörverlust spiegelt die inhomogene Gruppe im Sinne von Patienten mit SSD oder ASHL wider. So wäre bei einer Kohorte mit reiner SSD ein Hörverlust von unter 20 dB zu erwarten, um der WHO-Klassifizierung des Normalhörenden und damit der Definition einer SSD zu entsprechen. Die Kindergruppe erreicht deutlich bessere Ergebnisse präoperativ auf dem gesunden Ohr, sodass hier davon auszugehen ist, dass ein höherer Anteil an Patienten mit SSD vorliegt. Der Median dieser Gruppe lag bei 25 dB Hörverlust.

Die Kurven wurden primär mit versorgtem Hörgerät aufgezeichnet, sodass keine absolute Aussage bezüglich SSD oder ASHL Patienten aufgrund dieser Hörkurven zu stellen ist. Insbesondere die Tatsache, dass nicht für jeden hörgerätversorgten Patienten Hörkurven mit seinem Hörgerät vorlagen, schränkt die Aussagekraft ein.

Die Kurven beider Gruppen für das erkrankte Ohr vor Implantation zeigen einen medianen Hörverlust von 130 dB, was in dieser Studie mit einer vollständigen Taubheit gleichgesetzt wurde. Dies sind die Geräuschpegel eines startenden Jets und im Bereich der physiologischen Schmerzgrenze. Die erwachsenen Probanden, die teilweise bis zu 74 Jahre alt waren bei Implantation ihres CI, zeigen wiederum eine hochtonbetonte Hörminderung, sodass teilweise von einer Altersschwerhörigkeit ausgegangen werden kann (Fischer et al., 2016).

Die Ergebnisse des erkrankten Ohres in der Tonaudiometrie 3 Monate nach Implantation spiegeln den Stand nach der ersten Phase der Rehabilitation wider. So sind die Basiseinstellungen nach ca. 6 Monaten postoperativ abgeschlossen und es beginnt die Feineinstellung durch die audiologischen Abteilungen, nachdem sich die Patienten an ihr Implantat gewöhnt haben (Brand et al., 2014). Die Ergebnisse des hier untersuchten Kollektivs erreichen im Median ein ähnliches Level wie ihr gesundes Ohr präoperativ (35 dB Hörverlust). Dies entspricht einer Differenz von 95 dB der beiden Mediane im Zeitraum von 3 Monaten. In der Kurve spiegelt sich mit Fall 34, einer Patientin mit kongenitaler *Surditas*, auch ein *Non-Responder* wider, also eine Patientin, die ihr Implantat trotz objektiv korrekt durchgeführter Operation nicht nutzen kann. Neben technischen oder postoperativen Schwierigkeiten, liegen im Kindesalter die Probleme oft bei Komorbiditäten wie Autismus oder geistiger Retardierung, welche die rehabilitative Phase erschweren und besonderes Engagement auf Seiten der Behandler und der Familie erfordern (Ozdemir et al., 2013). In der vorliegenden Kindergruppe zeigt sich ein insgesamt etwas schlechteres Ansprechen auf das CI im Sinne der Reintonperzeption (Median von 40 dB Hörverlust). Die Ursache hierfür könnte in einer erschwerten Rehabilitation, insbesondere von jüngeren Kindern, liegen.

Im Ergebnisteil für 12 - 36 Monate zeigt sich keine Veränderung des Reintonhörens für Erwachsene, bei gleichbleibendem Median der Hörkurve. Auffällig ist jedoch die insgesamt abnehmende Streuung der Ergebnisse zwischen der ersten und dritten Quartile. Aufgrund der zunehmend auswärtig erfolgten Nachbehandlung der Kinder hat die geringe Verbesserung der Hörkurve dieser Gruppe nur eine eingeschränkte Aussagekraft bezüglich der tatsächlichen Hörkurve im Kindesalter. Ein Jahr nach Operation zeigt sich bei Fall 34 weiterhin kein Ansprechen auf das Implantat, sodass verstärkt von einem *Non-Responder* ausgegangen werden kann. Fall 29, ein männlicher Patient mit SSD bei Morbus Menière hat Probleme im Tieftonbereich und eingeschränktes Tonhören in den mittleren Frequenzen, sodass zumindest ein *limited user*, also ein Patient mit eingeschränkter Funktion am operierten Ohr, vorliegt.

Die gemittelte Verbesserung in den untersuchten Intervallen ist von besonderem Interesse, um die durch die Hörkurve vermuteten Entwicklungsschritte darzustellen. So

zeigt sich unabhängig davon, ob die häufigsten tonaudiometrisch getesteten Frequenzen oder die Röser-Frequenzen zugrunde gelegt werden, dass der Großteil des Erlernens von Höreindrücken durch das CI in den ersten drei Monaten postoperativ stattfindet. Der durchschnittliche Patient verliert 66,8 ($\pm 27,1$) dB an Hörverlust im ersten Intervall im Vergleich zu 69,5 ($\pm 25,8$) dB im gesamten beobachteten Zeitraum. Die Ergebnisse für die gemittelten Röser-Frequenzen bewegen sich dabei im vergleichbaren Betrag. Sie nehmen eine gesonderte Rolle ein, da sie den Frequenzbereich der alltäglichen Sprache umfassen (Mrowinski et al., 2017). Somit zeichnet sich ab, dass ca. 3 Monate nach Operation die Einstellung des Patienten auf das Implantat im Sinne des Gewinnes von Höreindrücken größtenteils abgeschlossen ist.

5.1.1.2. Freiburger Sprachtest

Dem Freiburger Sprachtest als aktuell etabliertesten Verfahren der Sprachaudiometrie (Kießling et al., 2017) kommt eine besondere Bedeutung bei der Beurteilung von Hörschädigungen und der Überprüfung der Hörgeräteversorgung zu. In dieser Studie wurden die Ergebnisse von 37 erwachsenen Probanden in der Freiburger Sprachaudiometrie zu den Zeitpunkten vor, 3 Monate nach und 12 - 36 Monate nach Operation ausgewertet. Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf einen Schalldruckpegel von 65 dB.

Im Zahlenverstehen erreichte das untersuchte Kollektiv im Mittel ein Ergebnis von 4 (± 19) %. Normalhörige zeigen im Vergleich bei 18,5 dB SPL eine 50 %ige Zahlenverständlichkeit (Arnold and Ganzer, 2011). Lediglich zwei Patienten stellen sich als Ausreißer mit Ergebnissen > 0 % dar: Fall 7, ein männlicher Patient mit kongenitaler SSD und Fall 21, ein männlicher Patient mit ASHL nach idiopathischem Hörsturz. Dabei sind die 100 respektive 60 % als Ergebnis im präoperativen Zahlenverstehen des erkrankten Ohres Ausdruck einer Resthörigkeit, die sich nicht auf das Einsilberverstehen präoperativ übertragen lässt (s. unten). Die Ergebnisse steigen drei Monate nach Implantation auf 67 (± 42) % im Mittel und nach 12 - 36 Monate postoperativ auf 72 (± 40) % im Mittel. Im Zahlenverstehen zeigt sich ein ähnlicher Trend zu den Reintonaudiometrien mit dem Hauptgewinn der prozentual richtig wiedergegebenen Zahlenwörter in den ersten drei Monaten nach Implantation. Als äußerst positives Ergebnis zu werten ist, dass über die Hälfte der Patienten ein Jahr nach Implantation ein 100 %iges Ergebnis im Freiburger Zahlenverstehen bei 65 dB SPL erreicht. Damit sind die Voraussetzungen zum Sprachverständnis in Ruhe am oberen Rand der normalen Gesprächslautstärke gegeben. Die auffällige breitere Streuung zwischen 1. und 3. Quartil des Boxplots zum Ende der Studie im Vergleich zu dem 3-Monats-Ergebnis kann der geringeren Fallanzahl zu diesem Untersuchungszeitpunkt geschuldet sein.

Das präoperative Ergebnis von 0,6 ($\pm 3,5$) % im Einsilberversprechen in der Freiburger Sprachaudiometrie bei 65 dB SPL korreliert gut mit der jeweils bestehenden Indikation zur Versorgung mittels CI. Normalhörende können in der Regel bereits bei 50 dB SPL alle vorgegebenen *Items* korrekt wiedergeben (Arnold and Ganzer, 2011).

Wiederum zeigt sich Fall 7 als Ausreißer mit 20 % korrekt wiedergegebenen Einsilbern. Dabei zeigen sich die Schwächen der auf die Mitarbeit des Patienten angewiesenen Tests: im Fall 7 zeigte die Reintonaudiometrie des erkrankten Ohres präoperativ einen Hörverlust von mindestens 130 dB über allen getesteten Frequenzen und entsprach damit einer vollständigen *Surditas* ohne Resthörigkeit. Ein weiterer Einflussfaktor, der bei der Audiometrie von Patienten mit SSD oder ASHL stets bedacht werden muss, ist eine unzureichende Vertäubung des kontralateralen Ohres mit konsekutiver Messung einer Überhörkurve.

Die Ergebnisse des gesamten Kollektivs stiegen auf 27 (± 31) % Einsilber im Mittel drei Monate postoperativ und auf 42 (± 26) % im Mittel ein Jahr nach Implantation. Es ist demnach eine sukzessive Verbesserung des Einsilberversprechens am erkrankten Ohr erkennbar. Mindestens die Hälfte der betrachteten Patienten erreichen ein Einsilberversprechen von 50 % oder mehr bei einer 65 dB SPL. Der dazu niedrige Mittelwert lässt sich auf die *Non-Responder/limited user* in dem untersuchten Kollektiv zurückführen.

In der zweiten Betrachtung bezüglich der mittleren Verbesserung im Intervall kann man den Trend zur Hauptverbesserung der Testergebnisse in der ersten drei Monaten nur deutlich abgeschwächt wiederfinden. So gewinnt der durchschnittliche Patient 23 (± 28) Prozentpunkte im Einsilberversprechen in den ersten drei Monaten und weitere 16 (± 23) Prozentpunkte im Zeitraum von 3 Monaten bis 1 Jahr postoperativ. Insgesamt gewinnt jeder Patient im Mittel 41 (± 26) Prozentpunkte im Freiburger Einsilbertest (bei einem Ausgangswert von 0,6 % präoperativ).

Die sich ähnelnden Boxplots zur Sprachverbesserung anhand des Einsilberversprechens zu den Intervallen präoperativ / 3 Monate, sowie 3 Monate / 12 - 36 Monate sprechen für eine sich kontinuierlich entwickelnde Sprachdiskrimination.

Das steht im Gegensatz zu der Entwicklung der Hörschwelle, die laut den Ergebnissen dieser Arbeit hauptsächlich in den ersten drei postoperativen Monaten stattfindet und nur eine marginale Verbesserung in der Tonaudiometrie (und dem Zahlenverstehen) in den darauffolgenden Monaten zeigte. Somit ist anzunehmen, dass die korrekte Anpassung des Implantats in den ersten Monaten der Rehabilitation die Grundlage zur weiteren Sprachdiskrimination schafft, nachdem der Patient den Umgang mit dem CI erlernt.

Dies erscheint insofern natürlich, da das CI mit seinen Elektrodenpositionierungen das physiologische Hören nur imitieren kann. Das Spektrum wahrnehmbarer Frequenzen ist im Vergleich zum physiologisch hörenden Ohr herabgesetzt, was zunächst nicht nur die Hörschwelle beeinflusst, sondern im weiteren Verlauf auch die Stimmfärbung, das Erkennen verschiedener Gesprächspartner und deren Zuordnung, sowie das Erkennen von durch Sprache ausgedrückter Emotionen (Jiam et al., 2017a). Damit erklärt sich, dass die Anhebung der Hörschwelle, die normalerweise mittels standardisierter Tonaudiometrien bestimmter Frequenzen abgefragt wird in den ersten Monaten nach Operation steigt, wenn es zur Anpassung des Prozessors kommt und die Patienten in der Rehabilitationsphase den Umgang mit dem Implantat erlernen. Diese Studie suggeriert, dass dies schon nach einigen Monaten abgeschlossen ist und die Patienten ihr Implantat bestmöglich auf den standardisierten Test eingestellt haben. Im weiteren Verlauf, wenn es zur Sprachdiskrimination in allen seinen o.g. Facetten kommt, muss der CI-Benutzer sich erst an die reduzierten Informationen in Form elektronischer Signale, die ihm das CI zur Verfügung stellt, gewöhnen. Hierbei sind sicherlich zentrale Effekte zu diskutieren, bei denen es zur Anpassung der zentralen Hörbahn und der weiteren cerebralen Verarbeitung kommt, nachdem die initiale Gewöhnung abgeschlossen ist, ohne dass dies auf eine verbesserte Aufblähkurve zurückzuführen wäre. So entwickelt auch der CI-Nutzer im weiteren Verlauf die Möglichkeit das gesprochene Wort und Sprache, die dem Ohr in einer Vielzahl an Frequenzen angeboten wird zu verarbeiten.

Die Hauptfragestellung dieser Arbeit war der Zusammenhang zwischen subjektiver Ertaubungsdauer und postoperativem Einsilberverstehen.

Zunächst erfolgte zur Annäherung die Betrachtung des Ergebnisses nach 3 Monaten postoperativ: Die durch die im Streu-Punkt-Diagramm (vgl. Abbildung 20) eingelegte Gerade suggeriert einen negativen linearen Zusammenhang zwischen subjektiver Ertaubungsdauer und postoperativem Ergebnis im Freiburger Einsilberverstehen. Aufgrund der breiten Streuung ($R^2 = 0,095$) und dem Signifikanzwert von $p = 0,309$ ist diese Aussage als nicht signifikant zu werten. Da die Daten sich nicht normalverteilt zeigten (vgl. Abbildung 21) wurde nach Spearman-Rho korreliert ($r_s = -0,18$).

In dem zur Beantwortung der Frage genutzten Diagramm (vgl. Abbildung 22) zeigt sich ein ähnliches Bild zum vorigen Untersuchungszeitpunkt: eine absteigende Ausgleichsgerade, die nicht als statistisch signifikant zu werten ist ($R^2 = 0,284$, $r_s = -0,348$, $p = 0,065$). Dabei korrelieren die Daten insgesamt besser im Vergleich zum Drei-Monats-Intervall, ohne jedoch das geforderte Signifikanzniveau zu erreichen. Ein Zusammenhang zwischen subjektiver Ertaubungsdauer und dem Ergebnis im

Freiburger Einsilbertest nach 12 - 36 Monaten nach Implantation konnte nicht gezeigt werden.

Die obigen Berechnungen erfüllen streng genommen nicht alle Voraussetzungen für die Anwendung einer linearen Regression, da das Ergebnis des Einsilbertests durch ein Intervall (0 – 100 %) begrenzt ist. Daher erfolgte eine Analyse mittels *Zero-inflated Beta Regression*, die auch keinen signifikanten Einfluss der subjektiven Ertaubungsdauer auf das Ergebnis der Freiburger Sprachaudiometrie nachweisen konnte. Zur besseren Vergleichbarkeit mit anderen Studien wurde daher entschieden, die vereinfachte lineare Regression zur Beantwortung zu nutzen.

Betrachtet man die Verteilung der Ergebnisse im Freiburger Einsilbertest 12 - 36 Monate postoperativ, so fällt auf, dass ein Sechstel (ca. 17 %) der Patienten angibt kein einsilbiges Substantiv bei 65 dB SPL korrekt zu erkennen. Dies entspricht dem schlechtesten Ergebnis in diesem Test bei gegebener Lautstärke und spricht für einen *Non-Responder*. Schließt man diesen Personenkreis aus der Betrachtung aus, ergibt sich in der Subgruppe eine leicht nach rechts verschobene, annähernde Normalverteilung (vgl. Abbildung 24). Auch die anschließend durchgeführte lineare Regression mit Korrelation nach Pearson war statistisch nicht signifikant und unterstreicht nochmals die fehlende Korrelation zwischen subjektiver Ertaubungsdauer und postoperativem Einsilberversprechen.

Die tendenziell schlechteren jedoch nicht signifikanten Ergebnisse von Patienten mit längerer subjektiver Ertaubungsdauer sollten auf weitere Einflussfaktoren untersucht werden. So ist eine multifaktorielle Genese des postoperativen Erfolgs wahrscheinlich. Studien zeigen beispielsweise, dass das Implantationsalter und die Ertaubungsdauer pädiatrischer Patienten mit CI Einfluss auf das Ergebnis nehmen (Sharma et al., 2017), jedoch ältere Patienten und deren Therapieerfolg nicht unbedingt mit dem Alter korrelieren. Mögliche weitere Einflüsse sind beispielsweise die Benutzung einer Hörhilfe vor CI-Versorgung, die Implantationsseite, das Fehlen kardiovaskulärer Risikofaktoren, sowie die Resthörigkeit des versorgten Ohres (Mosnier et al., 2014). Natürlich sollte die Qualität der operativen Versorgung (Erfahrung des Operateurs, Fallzahlen der Klinik) ebenfalls bedacht werden, da technische Faktoren ebenfalls Einfluss auf das Ergebnis nehmen (Hilly et al., 2016).

5.1.2. Fragebogen

Die Untersuchung der Lebensqualität stellt einen wichtigen Endpunkt für eine gesundheitliche und medizinische Forschung dar (Haraldstad et al., 2019). So betrachtet diese Studie diesen Endpunkt nach erfolgter CI-Versorgung durch einen den Patienten zugesandten Fragebogen, in diesem Fall den BBSS. Die Patienten schätzten ihren

jeweiligen Höreindruck in bestimmten Situationen mittels graphischer Markierung auf einer vorgegebenen Skala ein.

5.1.2.1. BBSS

Die gesammelten Fragebogenrückläufer zeigen insgesamt, dass die befragten Patienten einen besseren Höreindruck mit ihrer Hörhilfe haben als ohne. So sind die Mediane aller abgefragten *Items* auf der Skala nach rechts verschoben, was einen positiveren Höreindruck mit Hörhilfe widerspiegelt. Dabei zeigen sich die Antworten insgesamt relativ homogen mit ebenfalls im Positiven liegenden Boxen, entsprechend dem Bereich zwischen 25 % und 75 % der Menge, bzw. in diesem Falle aufgrund der nach oben begrenzten Skala, sogar die Ergebnisse von mindestens 75 % der Befragten. Ansonsten gibt es nur vereinzelte Ausreißer, außer bei Frage 3, die den Höreindruck beim Musikhören repräsentiert. Mehrere Studien zeigen, dass es zu eingeschränktem Musikgenuss aufgrund der technischen Limitationen eines CI kommt (Jiam et al., 2017b, PrevotEAU et al., 2018), sodass die Vielfalt in diesem *Item* sicherlich mit dem speziellen Patientengut von SSD/ASHL Patienten zu begründen ist, die noch die Möglichkeit haben, Musik mit einem Ohr zu hören.

In den erhobenen Daten zeigt sich Frage 7, also die Frage nach dem Gespräch in halligen Räumen, im Median als schwierigste Situation mit einem CI umzugehen, was zumindest in Teilen der Postulation von Eurich et al. entgegnet, die den Abstand der zwei Gesprächsparteien einen wichtigeren Einfluss zugestehen, als der Raumakustik (Eurich et al., 2019).

Hervorzuheben ist die Beantwortung des *Items* Nummer 10, dem Gesamteindruck zwischen Hören mit und ohne Hörhilfe. Hier ergibt sich in dem Fragebogen ein deutlicher Benefit für unilateral ertaubte Patienten nach Implantation eines CI, was auch dem Stand der Studienlage entspricht (Jacob et al., 2011, Prejban et al., 2018).

5.2. Methodenkritik

Das Untersuchungskollektiv wies einige Besonderheiten auf, die im Folgenden erläutert werden. Es zeigten sich verschiedene Faktoren, die das Ergebnis der Studie möglicherweise beeinflusst haben.

So konnte nicht das gesamte Kollektiv der erfassten Patienten vollständig statistisch in Bezug auf ihre Audiometrien ausgewertet werden, da sie nicht alle Untersuchungen durchführen konnten: entweder weil es Ihnen nicht möglich war den Freiburger Sprachtest durchzuführen (Kinder) oder sie ihr *Follow-Up* auswärtig erhielten. So reduzierte sich die Anzahl der untersuchten Patienten auf $n = 37$, was zu einem größeren

Standardfehler führt. Zusätzlich kommt es aufgrund des retrospektiven Designs aus Aktenlage dieser Studie zu teilweise fehlenden einzelnen *Items* bei den Patienten.

Auch kann nicht sicher zwischen dem Einfluss einer SSD oder ASHL auf den Erfolg eines CI differenziert werden.

Das Geschlechterverhältnis zeigte sich ausgewogen, während in der Altersverteilung zwei Altersgipfeln passend zu den beiden Subgruppen der erwachsenen und kindlichen Patienten erkannt werden können. Dies sollte in Bezug auf die unterschiedlichen Erfolgsraten bei CI-Implantation im Kindes- und fortgeschrittenen Alter beachtet werden (Huarte et al., 2014, Lesinski-Schiedat et al., 2006).

Den größten Anteil an Ertaubungsursachen stellten in dieser Arbeit idiopathische Hörstürze, jedoch konnten Blamey et al. für andere Ertaubungsursachen feststellen, dass sich der Erfolg nach Hörhilfenversorgung unterscheidet (Blamey et al., 1996).

Die Ursache der auffälligen Verteilung der erkrankten Ohren (ca. doppelt so viele links als rechts) in beiden Subgruppen konnte der Aktenlage nicht sicher entnommen werden. In der Hals-, Nasen-, Ohrenklinik und Poliklinik der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz wurden drei verschiedene CI-Implantate zweier Firmen sowie verschiedene Elektroden implantiert, sodass ein technischer Störfaktor bezogen auf die Ergebnisse nicht sicher ausgeschlossen werden kann.

In Bezug auf die tonaudiometrischen Untersuchungen sind mehrere Störfaktoren vorstellbar. Zunächst sieht das Standardnachbehandlungsschema Untersuchungen zu den Zeitpunkten 3, 6 und 12 Monate nach Implantation vor. Jedoch kommt es in der klinischen Praxis regelmäßig zu organisatorischen, persönlichen oder gesundheitlichen Komplikationen, sodass nicht alle Termine planmäßig durchgeführt werden können. Insbesondere das Halbjahresintervall zeigte in dieser Arbeit größere Lücken, sodass entschieden wurde dieses aus der Betrachtung herauszunehmen. Die Einjahres-Ergebnisse sind ebenfalls der klinischen Realität angeglichen worden, da manche Patienten erst 3 Jahre nach OP ihre Untersuchungen wahrgenommen haben, sodass die Entscheidung ein größeres Intervall (12 - 36 Monate) zu verwenden, getroffen wurde. Des Weiteren kam es vereinzelt bei Audiometrien vor, dass eine fehlerhafte, bzw. nicht eindeutige Beschriftung vorlag. Abschließend sollte beachtet werden, dass die Tonaudiometrie ein subjektives Verfahren ist und damit von der Mitarbeit des Patienten abhängt (Probst, 2004). Dass schlechte Ergebnisse in den Tonaudiometrien mit guten Ergebnissen in den folgenden Sprachaudiometrien einhergehen können, ist möglich. Andererseits zeigten Tremblay et al., dass auch ein physiologisches Audiogramm mit Hörminderungen vereinbar ist (Tremblay et al., 2015).

Die Freiburger Sprachaudiometrie ist ein seit langem etabliertes Verfahren, jedoch stehen die phonemische und perzeptive Ausgewogenheit der Testlisten auf dem Prüfstand. Die offensichtlichen Defizite bei der Prüfung des Sprachverstehens im Störgeräusch führen zur Diskussion um die Etablierung von Satz- und Reimtest, wie dem OLSA oder dem Einsilber-Reimtest nach von Wallenberg und Kollmeier (WAKO) (Hahn, 2014, Wendler et al., 2014). Aufgrund der großen Lücken in Bezug auf die OLSA-Untersuchungen im Kollektiv dieser Arbeit wurde im Hinblick auf den etablierten Freiburger Einsilbertest im postoperativen Setting nach CI-Versorgung (Hey et al., 2016) auf die Auswertung der OLSA-Ergebnisse verzichtet, auch wenn z.B. Grossmann et al. in einer kleineren Studie mit 11 Patienten zeigen, dass die CI-Implantation einen Benefit in der Geräuschlokalisierung generiert (Grossmann et al., 2016). Weitere Studien zeigen die Verbesserung des Sprachverständnisses im Störgeräusch und der Geräuschlokalisierung. Dabei kommt es nach 12 Monaten postoperativ zu signifikanten Verbesserungen zum Beispiel durch den Effekt des Kopfschattens (Gartrell et al., 2014, Mertens et al., 2015).

Die Rückläuferquote von 51,3 % bei den QoL-Bögen konnte auch durch telefonische Rücksprache nicht weiter gesteigert werden. Insgesamt betrachtet wurde der BBSS zur Beurteilung einer BAHA und nicht einer CI-Versorgung einseitig ertaubter Patienten entwickelt (Kompis et al., 2011), sodass weitere oder ein neuer Fragebogen nach entsprechender Validierung zu diskutieren wäre.

In der statistischen Analyse sind eingeschränkte Aussagen durch die Anwendung der linearen Regression, die ein unendliches Spektrum der Werte für ihre Variablen benötigt, zu erwarten. Diese Voraussetzung erfüllt der Freiburger Einsilbertest nicht.

5.3. Nutzen der Ergebnisse

Vor 5 Jahren wurde im Rahmen eines Versuches einer Meta-Analyse zum Thema CI-Versorgung bei SSD postuliert, dass größere Studien benötigt werden, um konkretere Aussagen bezüglich der Erfolge dieser Therapieoption zu treffen (van Zon et al., 2015). Die gewonnenen Erkenntnisse dieser Arbeit sollen zur erfolgreichen Therapie des SSD/ASHL mittels CI-Versorgung beitragen. Im Folgenden werden Rückschlüsse aus den Ergebnissen gezogen und deren Bedeutung in der aktuellen Forschung und Therapie aufgezeigt.

5.3.1. Audiologische Daten

Die positiven Ergebnisse der audiologischen Daten bestätigen den aktuellen Trend zur Implantation eines CI bei SSD/ASHL. So konnte der Vorteil der binauralen Rehabilitation gegenüber den konservativen Alternativen gezeigt werden und somit die Indikation für diese Behandlung bestätigen. Patienten mit erworbener Taubheit und einer Taubheitsdauer von mehr als 10 Jahren weisen einen vergleichbaren Nutzen mit dem CI gegenüber kurzzeitertaubten Patienten auf (Arndt et al., 2017).

Eine amerikanische Studie konnte ebenfalls zeigen, dass SSD-Patienten in mehreren audiologischen Testverfahren von der CI-Versorgung profitieren (Sullivan et al., 2019). Die nachgewiesenen Ergebnisse der Patienten im Zahlen- und Einsilbverstehen mit einem Anstieg von 4 auf 72 % beziehungsweise von 0 auf 42 % korrelieren mit Ergebnissen aus der Literatur (Rahne and Plontke, 2016) und zeigen den positiven Effekt auf das Sprachverstehen des implantierten Patienten.

Insgesamt zeigen nahezu alle Patienten eine Verbesserung in den Testergebnissen. In Anbetracht anderer Studienergebnisse kann nicht nur von einer Verbesserung in Sprach- und Satztests ausgegangen werden, sondern auch von einer Reduktion der Tinnitus-symptomatik, insbesondere bei zeitgleich stattgehabter Labyrinthektomie (Hansen et al., 2013). Somit kann Patienten mit Morbus Menière und anderen Tinnituserkrankten, die in dem Gesamtkollektiv dieser Arbeit über die Hälfte der Gruppe (54 %) ausmachten, eine weitere Therapieoption angeboten werden.

Während Kindern aufgrund der verzögerten Sprachentwicklung und der erschwerten Hörerziehung bei SSD gegenüber normalhörenden Kindern (Sangen et al., 2017) schon früher ein CI bei unilateraler Ertaubung eingesetzt wurde, ist dies aufgrund der lange vorherrschenden Meinung, dass eine lange subjektive Ertaubungsdauer eine relative Kontraindikation gegen die Implantation sei, für erwachsene einseitig Langzeitertaubte erst seit einigen Jahren möglich. Dabei zeigen SSD-Patienten, die erfahrene CI-Benutzer sind, 12 Monate nach Implantation ein Sprachverständnis (mit und ohne Störgeräusch), welches vergleichbar ist mit Normalhörenden oder bilateralen CI-Benutzern, auch nach 25 Jahren subjektiver Taubheit (Tavora-Vieira et al., 2013).

Diese Erkenntnisse werden durch die Ergebnisse dieser Arbeit nochmals gestützt.

Unabhängig von den positiven Effekten, die die CI-Versorgung für Patienten mit SSD hat, gibt es noch verbesserungswürdige Defizite: so zeigen CI-versorgte Patienten mit einseitiger Taubheit bei eingeschalteter Hörhilfe ein verbessertes Hören im komplexen Störgeräusch, jedoch zeigt sich noch Verbesserungspotential bei den Sprachprozessoren bei der Unterdrückung von Störgeräuschen (*Squelch*-Effekt) oder dem Effekt der binauralen Summation (Doge et al., 2017).

Zur Verbesserung des Höreindrucks würde auch eine bessere Tonhöhendiskrimination beitragen, die physiologisch durch die Tonotopie des Innenohres sichergestellt wird und u.a. wichtig ist für das Hören von Musik (Rader et al., 2016).

Abschließend lässt sich auch audiologischer Sicht festhalten, dass die CI-Versorgung auf dem Weg ist eine Standardtherapie für Patienten mit SSD/ASHL zu werden, auch wenn konservative Maßnahmen, wie zum Beispiel eine CROS-Versorgung, oder die BAHA im Einzelfall gute Alternativen darstellen (Hol et al., 2010, Kim et al., 2017).

Das in einer Konsensentscheidung als Longitudinalstudie vorgeschlagene Modell zum Vergleich zwischen konservativen Therapiemaßnahmen und der CI-Versorgung bei einseitiger Ertaubung sollte diese Sichtweise unterstützen: hierbei soll besonderer Wert auf die Testung des Sprachverstehens im Störgeräusch, die Geräuschlokalisierung und Fragebögen zur Lebensqualität und den Einfluss der Therapie auf einen zusätzlich bestehenden Tinnitus gelegt werden (Van de Heyning et al., 2016).

5.3.2. Fragebogen

Die oben beschriebenen Ergebnisse zeigen einen Benefit für CI-versorgte Patienten mit SSD/ASHL in Bezug auf die Lebensqualität mit Hörhilfe im Vergleich zum unilateralen Hören. Auch Sladen et al. konnten zeigen, dass es postoperativ zu signifikanten Verbesserungen in krankheitsspezifischen Tools kam, wie zum Beispiel dem *Nijmegen Cochlear Implant Questionnaire* (NCIQ) kommt. Interessanterweise zeigte das Patientenkollektiv mit einer subjektiven Taubheitsdauer zwischen 6 und 24 Monaten jedoch konstante Ergebnisse in allgemeinen gesundheitsbezogenen QoL-Bögen (Sladen et al., 2017). Die Korrelation der Ertaubungsdauer auf die postoperative Lebensqualität sollte in einer weiteren Studie diesbezüglich untersucht werden. Hierzu benötigt man jedoch weitere Validierung für ein geeignetes Instrument im Sinne eines Fragebogens.

Einerseits zeigte diese Studie ähnlich wie Finke et al. in allen abgefragten Bereichen im BBSS einen Benefit mit CI-Versorgung (Finke et al., 2017). Andererseits zeigten bspw. Volleth et al., dass die postoperativen Ergebnisse der Reintonaudiometrie und Ergebnisse im Freiburger Einsilbverstehen mäßig mit dem subjektiven *Hearing Implant Sound Quality Index* (HISQUI) korrelieren (Volleth et al., 2018). Das wirft die Frage auf, ob beide Fragebögen zur Beantwortung der Fragestellung geeignet sind und ob die Ergebnisse mit den Messergebnissen in Standarduntersuchungen korrelieren.

Ein weiterer Aspekt, der in der aktuellen Literatur aufgezeigt werden konnte, ist, dass signifikante Anstiege in der Lebensqualität zu den Zeitpunkten 3 und 6 Monate postoperativ ausgemacht werden konnten (Muigg et al., 2019). Dies würde nach der vorliegenden Studie zu den Zeitpunkten passen in denen die Patienten ihre Hörschwelle

verbessern und ihren Höreindruck gewinnen, sodass zu postulieren wäre, dass der subjektiv entscheidende Anteil für die Betroffenen die Generierung des Höreindrucks ist und nicht die weitere Anpassung und Gewöhnung daran.

Davon unberührt sollte in den therapeutischen Überlegungen auch bedacht werden, dass Patienten im gehobeneren Alter und damit mit potentiell längeren Ertaubungsdauern nach Implantation eines CI an Lebensqualität gewinnen können (Sorrentino et al., 2019, Sonnet et al., 2017), insbesondere da bisher ein großer Fokus auf einer kindlichen CI-Versorgung bei SSD-Patienten gelegt wurde

5.4. Ausblick

Es zeigte sich in dieser Arbeit insgesamt, dass die CI-Implantation bei einseitig ertaubten Patienten einen objektiven und subjektiven Benefit bringt. Dabei sind diese Ergebnisse in allen Altersgruppen zu erkennen. Die subjektive Ertaubungsdauer vor Implantation allein sollte aufgrund dieser Erkenntnisse keine alleinige Kontraindikation gegen ein CI bei SSD/ASHL sein. Im Rahmen größerer (prospektiver) Studien sollten die Einflussfaktoren auf das postoperative *Outcome* der Patienten noch weiter untersucht werden, damit es in Zukunft möglich sein wird eine bessere präoperative Patientenselektion zu treffen. Die aktuellen Forschungsergebnisse unterstützen diese Ergebnisse und lassen hoffen, dass der Einsatz eines CI bei SSD in Zukunft zu einem Standardeingriff in einem dafür geeigneten Zentrum wird.

6. Zusammenfassung

Einleitung und Literaturdiskussion: Patienten mit einer einseitigen Ertaubung (*Single Sided Deafness*, SSD) oder einem asymmetrischen Hörverlust (*Asymmetric Sensorineural Hearing Loss*, ASHL) haben im privaten, schulischen und beruflichen Alltag große Einschränkungen im Vergleich zu Normalhörenden. Seit etwas mehr als einer Dekade besteht für diese Patienten eine Therapieoption in der Versorgung mittels Cochlea Implantat (CI). Ziel dieser retrospektiven Studie war es daher zu untersuchen, ob die subjektive Ertaubungsdauer vor Implantation Einfluss auf die postoperativen Hörerfolge von Patienten mit SSD/ASHL hat und ob diese von der Operation profitieren.

Material und Methoden: Es wurden insgesamt 50 Patienten identifiziert, die im Zeitraum zwischen Dezember 2009 und Juni 2017 in der Hals-, Nasen-, Ohrenklinik und Poliklinik der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz bei einseitiger Schwerhörigkeit mit einem CI versorgt worden sind. In dieser Studie wurden Patientendaten, audiologische Daten und *Quality of Life* (QoL)-Bögen erfasst. Eine Gruppe von $n = 37$ Patienten wurde routinemäßig 3, 6 und 12 Monate postoperativ audiometrisch untersucht und die Ergebnisse mit der subjektiven Ertaubungsdauer korreliert. Ebenfalls erfolgte eine Befragung bezüglich der Lebensqualität der implantierten Patienten. Die Auswertung erfolgte mithilfe einer Datenmaske in MS Excel, Systat SigmaPlot und IBM SPSS Statistics.

Ergebnisse: Im untersuchten Kollektiv wurde auf dem zur CI-Implantation anstehenden Ohr präoperativ ein Einsilberverständnis von $0,6 (\pm 3,5) \%$ bei 65 dB SPL im Freifeld bei vertäubtem Gegenohr erreicht (Freiburger Sprachaudiometrie). Im Rahmen der Erstanpassung nach 3 Monaten stieg dieses Ergebnis auf $27 (\pm 31) \%$ und verbesserte sich nach 12 - 36 Monaten auf $42 (\pm 26) \%$. Die subjektive Ertaubungsdauer betrug zum Zeitpunkt der Implantation $158 (\pm 172)$ Monate. Es zeigte sich keine signifikante Korrelation zwischen den sprachaudiometrischen Ergebnissen und der subjektiven Ertaubungsdauer ($R^2 = 0,284$, r_s (nach Spearman-Rho) = $-0,348$, $p = 0,065$). Im *Bern Benefit in Single Sided Deafness Questionnaire* (BBSS) zeigte sich in allen abgefragten *Items* ein positives Ergebnis für das Hören mit Hörhilfe mit einem Median $>1,3$ auf einer Skala von $-5,0$ bis $+5,0$. Das *Item* zur Beurteilung des zusammengefassten Höreindrucks zum Hören mit Hörhilfe ergab einen Median von $4,0$.

Diskussion: Die CI-Versorgung ist ein sinnvoller Therapieansatz zur Hörrehabilitation bei SSD/ASHL. Die subjektive Ertaubungsdauer vor Implantation allein stellt wahrscheinlich keinen negativen prädikativen Faktor dar und ist somit generell nicht als alleinige Kontraindikation gegen eine Versorgung zu werten.

Summary

Objective: Patients who suffer from Single Sided Deafness (SSD) or Asymmetric Sensorineural Hearing Loss (ASHL) face great problems and social isolation concerning their private, educational and professional life. For a little more than a decade these patients have the option to get a cochlear implant (CI) to treat this condition. The aim of this retrospective study was to evaluate if the subjective time of hearing impairment/loss before implantation influences the post-surgical outcome of patients with SSD/ASHL and if they can profit from this treatment.

Methods: Fifty patients underwent a CI implantation after being diagnosed with unilateral hearing loss between December 2009 and July 2017 at the University of Mainz, School of Medicine, Department of Otolaryngology, Head and Neck Surgery. This study recorded patient data, results of pure-tone audiometry (PTA) and speech audiometry (*Freiburger Sprachaudiometrie*, Freiburg speech audiometry). A group of $n = 37$ patients were examined with standard audiometric tests 3, 6 and 12 months after the surgery. Also, we gathered information via admitting the Bern Benefit in Single Sided Deafness Questionnaire (BBSS) as self-assessment tool for the Quality of Life (QoL) of implanted patients to the examined collective. MS Excel, Systat SigmaPlot and IBM SPSS Statistics were used for the evaluation of the data.

Results: The examined group showed an understanding of one-syllable words with the pre-implanted ear in the Freiburg speech audiometry of $0.6 (\pm 3.5) \%$ at 65 decibel (dB) sound pressure level (SPL) in quiet with a masked contralateral ear. After 3 months, the phase of first adjustments, this result got to $27 (\pm 31) \%$ and improved to $42 (\pm 26) \%$ after 12 - 36 months after the surgery. The subjective time of hearing loss at the time of implantation was $158 (\pm 172)$ months. No evidence for a significant correlation between the results of the speech audiometry and the subjective time of hearing loss could be detected ($R^2 = 0,284$, r_s (Spearman-Rho) = $-0,348$, $p = 0,065$).

The BBSS showed positive results in all items presented to the patient with medians above 1.3 on a scale from -5.0 to 5.0. Representing the general hearing impression with a hearing aid item number 10 scored a median of 4.0.

Conclusion: The use of a CI as treatment for patients with SSD/ASHL is a reasonable option. The subjective time of hearing loss before CI implantation alone probably isn't a negative predicative factor and shouldn't be used as general contra indication against CI-surgery for patients with SSD/ASHL.

Anhang

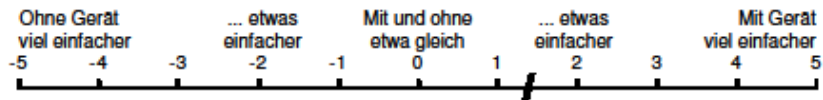
Berner Fragebogen zum Nutzen von Hörhilfen bei einseitiger Taubheit

(BBSS - Bern Benefit in Single Sided Deafness Questionnaire)

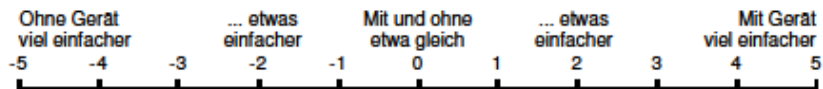
Name: Geburtsdatum:

Zeitraum der Benutzung: Hörhilfe:

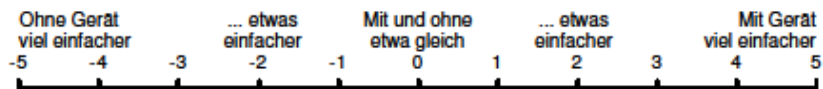
Bitte markieren Sie für jede der folgenden Situationen Ihre Einschätzung mit einem Strich. Beispiel:



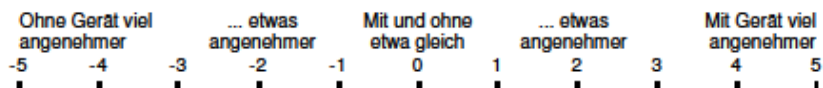
1. Einem Gespräch mit 1 Person in ruhiger Umgebung zu folgen ist für mich:



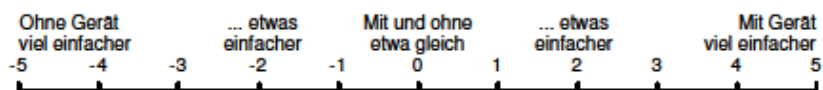
2. Beim Fernsehen oder Radiohören ist Sprache zu verstehen ist für mich:



3. Musik zu hören ist für mich:



4. Einem Gespräch aus einiger Entfernung (etwa 5 m oder mehr) zu folgen ist für mich:



5. Ein Gespräch in Lärm oder bei Hintergrundgeräuschen zu führen ist für mich:

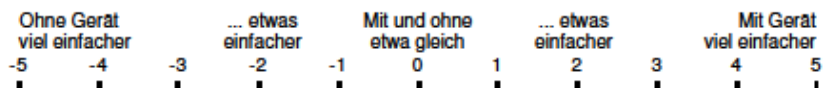
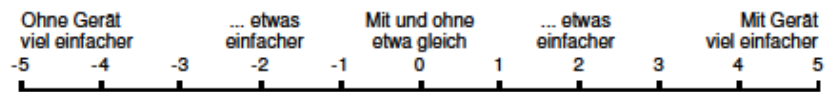
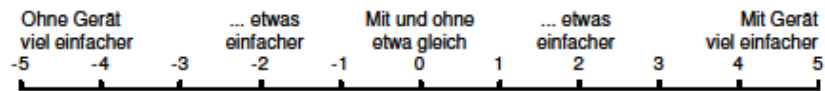


Abbildung 27: BBSS, Seite 1

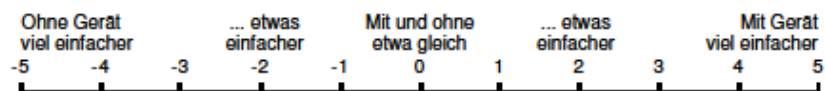
6. Ein Gespräch in einem fahrenden Auto zu führen ist für mich:



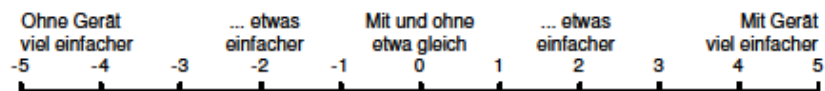
7. In einem halligen Raum, z.B. einer Eingangshalle oder Kirche, Sprache zu verstehen ist für mich:



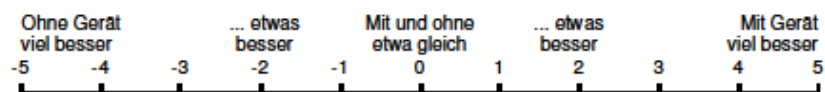
8. An einem Gruppengespräch mit 3 oder mehr Personen teilnehmen ist für mich:



9. Zu hören, woher ein Signal, (z.B. eine Autohupe) kommt ist für mich:



10. Insgesamt ist das Hören für mich:



Reference: Kompis M, Pfiffner F, Krebs M, Caversaccio M. Factors Influencing the Decision for Baha in Unilateral Deafness: The Bern Benefit in Single Sided Deafness questionnaire. Adv Otorhinolaryngol 71 (2011)

Abbildung 28: BBSS, Seite 2

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: AUFBAU DES HÖRORGANS (BOENNINGHAUS AND LENARZ, 2013)	10
ABBILDUNG 2: ALTERSVERTEILUNG DER PATIENTEN BEI OP.....	19
ABBILDUNG 3: VERTEILUNG DER ERTAUBUNGSURSACHEN.....	20
ABBILDUNG 4: VERTEILUNG DER IMPLANTIERTEN ELEKTRODEN.....	21
ABBILDUNG 5: TONAUDIOMETRIE BEI SSD	24
ABBILDUNG 6: FREIBURGER SPRACHTEST BEI SSD.....	25
ABBILDUNG 7: HÖRKURVE GESUNDES OHR PRÄOPERATIV	31
ABBILDUNG 8: HÖRKURVE GESUNDES OHR PRÄOPERATIV (KINDER).....	32
ABBILDUNG 9: HÖRKURVE ERKRANKTES OHR PRÄOPERATIV	33
ABBILDUNG 10: HÖRKURVE ERKRANKTES OHR PRÄOPERATIV (KINDER).....	33
ABBILDUNG 11: HÖRKURVE ERKRANKTES OHR 3 MONATE POSTOPERATIV.....	34
ABBILDUNG 12: HÖRKURVE ERKRANKTES OHR 3 MONATE POSTOPERATIV (KINDER)	35
ABBILDUNG 13: HÖRKURVE ERKRANKTES OHR 12 - 36 MONATE POSTOPERATIV	36
ABBILDUNG 14: HÖRKURVE ERKRANKTES OHR 12 - 36 MONATE POSTOPERATIV (KINDER).....	36
ABBILDUNG 15: VERBESSERUNG DES HÖREMPFINDENS ÜBER 7 AUSGEWÄHLTE FREQUENZEN.....	38
ABBILDUNG 16: VERBESSERUNG DES HÖREMPFINDENS ÜBER DIE RÖSER-FREQUENZEN	39
ABBILDUNG 17: ENTWICKLUNG DES ZAHLENVERSTEHENS AM ERKRANKTEN OHR.....	40
ABBILDUNG 18: ENTWICKLUNG DES EINSILBERVERSTEHENS AM ERKRANKTEN OHR.....	41
ABBILDUNG 19: SPRACHVERBESSERUNG ANHAND DES EINSILBERVERSTEHENS.....	42
ABBILDUNG 20: ZUSAMMENHANG ZWISCHEN SUBJEKTIVER ERTAUBUNGSDAUER UND EINSILBERVERSTEHEN DES ERKRANKTEN OHRES 3 MONATE POST-OP.....	43
ABBILDUNG 21: VERTEILUNG DER ERGEBNISSE IM FREIBURGER EINSILBERTEST 3 MONATE POST-OP	44
ABBILDUNG 22: ZUSAMMENHANG ZWISCHEN SUBJEKTIVER ERTAUBUNGSDAUER UND EINSILBERVERSTEHEN DES ERKRANKTEN OHRES 12 - 36 MONATE POST-OP	45
ABBILDUNG 23: VERTEILUNG DER ERGEBNISSE IM FREIBURGER EINSILBERTEST 12 - 36 MONATE POST-OP	46
ABBILDUNG 24: VERTEILUNG DER ERGEBNISSE IM FREIBURGER EINSILBERTEST 12 - 36 MONATE POST-OP UNTER AUSSCHLUSS VON NON-RESPONDERN.....	48
ABBILDUNG 25: ZUSAMMENHANG ZWISCHEN SUBJEKTIVER ERTAUBUNGSDAUER UND EINSILBERVERSTEHEN DES ERKRANKTEN OHRES 12 - 36 MONATE POST-OP UNTER AUSSCHLUSS VON NON-RESPONDERN	49
ABBILDUNG 26: ERGEBNISSE BBSS.....	50
ABBILDUNG 27: BBSS, SEITE 1	67
ABBILDUNG 28: BBSS, SEITE 2	68

Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: VERTEILUNG DER IMPLANTATTYPEN NACH HERSTELLER.....	21
TABELLE 2: KORRELATIONEN ZWISCHEN SUBJEKTIVER ERTAUBUNGSDAUER UND EINSILBERVERSTEHEN DES ERKRANKTEN OHRES 3 MONATE POST-OP.....	44
TABELLE 3: KORRELATIONEN ZWISCHEN SUBJEKTIVER ERTAUBUNGSDAUER UND EINSILBERVERSTEHEN DES ERKRANKTEN OHRES 12 - 36 MONATE POST-OP	46
TABELLE 4: KORRELATIONEN ZWISCHEN SUBJEKTIVER ERTAUBUNGSDAUER UND EINSILBERVERSTEHEN DES ERKRANKTEN OHRES 12 - 36 MONATE POST-OP UNTER AUSSCHLUSS VON NON-RESPONDERN	49

Abkürzungsverzeichnis

ABK	Aufblähkurve
ASHL	Asymmetric Sensorineural Hearing Loss
BAHA	Bone-Anchored Hearing Aid
BBSS	B ern B enefit in S ingle S ided Deafness Questionnaire
BERA	Brainstem Evoked Response Audiometry
CI	Cochlea Implantat
CMV	Zytomegalievirus
CROS	Contralateral Routing of Signal
DPOAE	distorsiv produzierte otoakustische Emissionen
dB	Dezibel
ES	Einsilber
Fa.	Firma
GdB	Grad der Behinderung
HG	Hörgerät
HISQUI	H earing Implant S ound Q uality Index
Hz	Hertz
IBM	International B usiness M achines Corporation
IMBEI	Institut für M edizinische B iometrie, E pidemiologie und I nformatik
IQR	Interquartile Range
MS	Microsoft®
NCIQ	N ijmegen C ochlear Implant Q uestionnaire
OLSA	O ldenburger S atztest
post-OP	postoperativ
prä-OP	präoperativ
PTA	Pure Tone Audiometry
QoL	Quality of Life
SD	Standard Deviation
SES	Schallempfindungsschwerhörigkeit
SNR	Signal to Noise Ratio
SPL	Sound Pressure Level
SSD	Single Sided Deafness
TEOAE	transitorisch evozierte otoakustische Emissionen
UHL	Unilateral Hearing Loss
WAKO	Einsilber-Reimtest nach von W allenberg und K ollmeier

Literaturverzeichnis

- AMOODI, H. A., MICK, P. T., SHIPP, D. B., FRIESEN, L. M., NEDZELSKI, J. M., CHEN, J. M. & LIN, V. Y. 2012. Results with cochlear implantation in adults with speech recognition scores exceeding current criteria. *Otol Neurotol*, 33, 6-12.
- ARNDT, S., ASCHENDORFF, A., LASZIG, R., BECK, R., SCHILD, C., KROEGER, S., IHORST, G. & WESARG, T. 2011a. Comparison of pseudobinaural hearing to real binaural hearing rehabilitation after cochlear implantation in patients with unilateral deafness and tinnitus. *Otol Neurotol*, 32, 39-47.
- ARNDT, S., LASZIG, R., ASCHENDORFF, A., BECK, R., SCHILD, C., HASSEPAß, F., IHORST, G., KROEGER, S., KIRCHEM, P. & WESARG, T. 2011b. Einseitige Taubheit und Cochlear-implant-Versorgung. *HNO*, 59, 437.
- ARNDT, S., LASZIG, R., ASCHENDORFF, A., HASSEPASS, F., BECK, R. & WESARG, T. 2017. Cochleaimplantatversorgung bei einseitiger Taubheit oder asymmetrischem Hörverlust. *HNO*, 65, 586-598.
- ARNDT, S., WESARG, T., STELZIG, Y., JACOB, R., ILLG, A., LESINSKI-SCHIEDAT, A., KETTERER, M. C., ASCHENDORFF, A. & SPECK, I. 2019. Influence of single-sided deafness on the auditory capacity of the better ear. *Hno*.
- ARNOLD, W. & GANZER, U. 2011. *Checkliste Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde*, Thieme.
- AWMF. 2012. *S2k-Leitlinie: Cochlea-Implantat Versorgung und zentral-auditorische Implantate* [Online]. Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften. Available: <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/017-071.html> [Accessed].
- BESS, F. H. & THARPE, A. M. 1988. Performance and management of children with unilateral sensorineural hearing loss. *Scand Audiol Suppl*, 30, 75-9.
- BLAMEY, P. 1997. Are spiral ganglion cell numbers important for speech perception with a cochlear implant? *Am J Otol*, 18, S11-2.
- BLAMEY, P., ARNDT, P., BERGERON, F., BREDBERG, G., BRIMACOMBE, J., FACER, G., LARKY, J., LINDSTROM, B., NEDZELSKI, J., PETERSON, A., SHIPP, D., STALLER, S. & WHITFORD, L. 1996. Factors affecting auditory performance of postlinguistically deaf adults using cochlear implants. *Audiol Neurootol*, 1, 293-306.
- BLAMEY, P., ARTIERES, F., BASKENT, D., BERGERON, F., BEYNON, A., BURKE, E., DILLIER, N., DOWELL, R., FRAYSSE, B., GALLEGOS, S., GOVAERTS, P. J., GREEN, K., HUBER, A. M., KLEINE-PUNTE, A., MAAT, B., MARX, M., MAWMAN, D., MOSNIER, I., O'CONNOR, A. F., O'LEARY, S., ROUSSET, A., SCHAUWERS, K., SKARZYNSKI, H., SKARZYNSKI, P. H., STERKERS, O., TERRANTI, A., TRUY, E., VAN DE HEYNING, P., VENAIL, F., VINCENT, C. & LAZARD, D. S. 2013. Factors affecting auditory performance of postlinguistically deaf adults using cochlear implants: an update with 2251 patients. *Audiol Neurootol*, 18, 36-47.
- BOENNINGHAUS, H. G. & ROSER, D. 1973. [New tables for the determination of percentile loss of speech hearing]. *Z Laryngol Rhinol Otol*, 52, 153-61.
- BOENNINGHAUS, P. D. H. G. & LENARZ, P. D. T. 2013. *Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde: für Studierende der Medizin*, Springer Berlin Heidelberg.

- BRAND, Y., SENN, P., KOMPIS, M., DILLIER, N. & ALLUM, J. H. 2014. Cochlear implantation in children and adults in Switzerland. *Swiss Med Wkly*, 144, w13909.
- CARNER, M., COLLETTI, L., SHANNON, R., CERINI, R., BARILLARI, M., MUCELLI, R. P. & COLLETTI, V. 2009. Imaging in 28 children with cochlear nerve aplasia. *Acta Otolaryngol*, 129, 458-61.
- CHAU, J. K., LIN, J. R. J., ATASHBAND, S., IRVINE, R. A. & WESTERBERG, B. D. 2010. Systematic review of the evidence for the etiology of adult sudden sensorineural hearing loss. *The Laryngoscope*, 120, 1011-1021.
- DOGE, J., BAUMANN, U., WEISSGERBER, T. & RADER, T. 2017. Single-Sided Deafness: Impact of Cochlear Implantation on Speech Perception in Complex Noise and on Auditory Localization Accuracy. *Otol Neurotol*, 38, e563-e569.
- EB 2008. Hördiagnostik: Oldenburger Satztest als Medizinprodukt. *Dtsch Arztebl International*, 105, 642-.
- ESQUIA MEDINA, G. N., BOREL, S., NGUYEN, Y., AMBERT-DAHAN, E., FERRARY, E., STERKERS, O. & GRAYELI, A. B. 2013. Is electrode-modiolus distance a prognostic factor for hearing performances after cochlear implant surgery? *Audiol Neurootol*, 18, 406-13.
- ESTEVEZ, S. D. S., SILVA, A. P. D., COUTINHO, M. B., ABRUNHOSA, J. M. & SOUSA, C. A. E. 2014. Congenital defects of the middle ear - uncommon cause of pediatric hearing loss^{1, 2}. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 80, 251-256.
- EURICH, B., KLENZNER, T. & OEHLER, M. 2019. Impact of room acoustic parameters on speech and music perception among participants with cochlear implants. *Hear Res*, 377, 122-132.
- FINKE, M., STRAUSS-SCHIER, A., KLUDT, E., BUCHNER, A. & ILLG, A. 2017. Speech intelligibility and subjective benefit in single-sided deaf adults after cochlear implantation. *Hear Res*, 348, 112-119.
- FISCHER, N., WEBER, B. & RIECHELMANN, H. 2016. [Presbycusis - Age Related Hearing Loss]. *Laryngorhinootologie*, 95, 497-510.
- GANTZ, B. J., WOODWORTH, G. G., KNUTSON, J. F., ABBAS, P. J. & TYLER, R. S. 1993. Multivariate predictors of success with cochlear implants. *Adv Otorhinolaryngol*, 48, 153-67.
- GARTRELL, B. C., JONES, H. G., KAN, A., BUHR-LAWLER, M., GUBBELS, S. P. & LITOVSKY, R. Y. 2014. Investigating long-term effects of cochlear implantation in single-sided deafness: a best practice model for longitudinal assessment of spatial hearing abilities and tinnitus handicap. *Otol Neurotol*, 35, 1525-32.
- GREVERS, G., IRO, H., PROBST, R., BRAUER, T. & EYSHOLDT, U. 2008. *Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde*, Thieme.
- GROSSMANN, W., BRILL, S., MOELTNER, A., MLYNSKI, R., HAGEN, R. & RADELOFF, A. 2016. Cochlear Implantation Improves Spatial Release From Masking and Restores Localization Abilities in Single-sided Deaf Patients. *Otol Neurotol*, 37, 658-64.
- HAHN, F. 2014. *Freiburger reloaded*. Hochschule für Angewandte Wissenschaften Aalen.
- HANSEN, M. R., GANTZ, B. J. & DUNN, C. 2013. Outcomes after cochlear implantation for patients with single-sided deafness, including those with recalcitrant Meniere's disease. *Otol Neurotol*, 34, 1681-7.

- HARALDSTAD, K., WAHL, A., ANDENAES, R., ANDERSEN, J. R., ANDERSEN, M. H., BEISLAND, E., BORGE, C. R., ENGBRETSSEN, E., EISEMANN, M., HALVORSRUD, L., HANSEN, T. A., HAUGSTVEDT, A., HAUGLAND, T., JOHANSEN, V. A., LARSEN, M. H., LOVEREIDE, L., LOYLAND, B., KVARME, L. G., MOONS, P., NOREKVAL, T. M., RIBU, L., ROHDE, G. E., URSTAD, K. H. & HELSETH, S. 2019. A systematic review of quality of life research in medicine and health sciences. *Qual Life Res*, 28, 2641-2650.
- HEY, C. 2014. *Untersuchungen zum Zusammenhang der Querschnittsoberfläche des Nervus cochlearis und dem Erfolg des Sprachverstehens nach Cochlea-Implantation*. Dissertationsschrift, Fachbereich Medizin der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main.
- HEY, M., BRADEMANN, G. & AMBROSCH, P. 2016. [The Freiburg monosyllable word test in postoperative cochlear implant diagnostics]. *Hno*, 64, 601-7.
- HILLY, O., SMITH, L., HWANG, E., SHIPP, D., SYMONS, S., NEDZELSKI, J. M., CHEN, J. M. & LIN, V. Y. 2016. Depth of Cochlear Implant Array Within the Cochlea and Performance Outcome. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 125, 886-892.
- HOL, M. K., KUNST, S. J., SNIK, A. F. & CREMERS, C. W. 2010. Pilot study on the effectiveness of the conventional CROS, the transcranial CROS and the BAHA transcranial CROS in adults with unilateral inner ear deafness. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 267, 889-96.
- HOTH, S. 2016. Der Freiburger Sprachtest. *HNO*, 64, 540-548.
- HUARTE, A., LEZAUN, R. & MANRIQUE, M. 2014. Quality of life outcomes for cochlear implantation in the elderly. *Audiol Neurootol*, 19 Suppl 1, 36-9.
- ISAACSON, B., BOOTH, T., KUTZ, J. W., JR., LEE, K. H. & ROLAND, P. S. 2009. Labyrinthitis ossificans: how accurate is MRI in predicting cochlear obstruction? *Otolaryngol Head Neck Surg*, 140, 692-6.
- JACOB, R., STELZIG, Y., NOPP, P. & SCHLEICH, P. 2011. [Audiological results with cochlear implants for single-sided deafness]. *Hno*, 59, 453-60.
- JIAM, N. T., CALDWELL, M., DEROCHE, M. L., CHATTERJEE, M. & LIMB, C. J. 2017a. Voice emotion perception and production in cochlear implant users. *Hear Res*, 352, 30-39.
- JIAM, N. T., CALDWELL, M. T. & LIMB, C. J. 2017b. What Does Music Sound Like for a Cochlear Implant User? *Otol Neurotol*, 38, e240-e247.
- JOHNSTON, J. C., SMITH, A. D., FITZPATRICK, E., O'CONNOR, A., ANGUS, D., BENZIES, K. & SCHRAMM, D. 2010. Estimation of risks associated with paediatric cochlear implantation. *Cochlear Implants Int*, 11, 146-69.
- KEMALOGLU, Y. K., GUNDUZ, B., GOKMEN, S. & YILMAZ, M. 2005. Pure tone audiometry in children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 69, 209-14.
- KHAN, A. M., HANDZEL, O., BURGESS, B. J., DAMIAN, D., EDDINGTON, D. K. & NADOL, J. B., JR. 2005. Is word recognition correlated with the number of surviving spiral ganglion cells and electrode insertion depth in human subjects with cochlear implants? *Laryngoscope*, 115, 672-7.
- KIEßLING, J., KOLLMEIER, B. & BAUMANN, U. 2017. *Versorgung mit Hörgeräten und Hörimplantaten*, Thieme.
- KIM, G., JU, H. M., LEE, S. H., KIM, H. S., KWON, J. A. & SEO, Y. J. 2017. Efficacy of Bone-Anchored Hearing Aids in Single-Sided Deafness: A Systematic Review. *Otol Neurotol*, 38, 473-483.

- KITTERICK, P. T., LUCAS, L. & SMITH, S. N. 2015. Improving health-related quality of life in single-sided deafness: a systematic review and meta-analysis. *Audiol Neurootol*, 20 Suppl 1, 79-86.
- KOMPIS, M., PFIFFNER, F., KREBS, M. & CAVERSACCIO, M. D. 2011. Factors influencing the decision for Baha in unilateral deafness: the Bern benefit in single-sided deafness questionnaire. *Adv Otorhinolaryngol*, 71, 103-111.
- KVESTAD, E., LIE, K. K., ESKILD, A. & ENGDAHL, B. 2014. Sensorineural hearing loss in children: the association with Apgar score. A registry-based study of 392,371 children in Norway. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 78, 1940-4.
- LENARZ, T. 2017. Cochlear implant - state of the art. *GMS Curr Top Otorhinolaryngol Head Neck Surg*, 16, Doc04.
- LESINSKI-SCHIEDAT, A., ILLG, A., WARNECKE, A., HEERMANN, R., BERTRAM, B. & LENARZ, T. 2006. [Paediatric cochlear implantation in the first year of life: preliminary results]. *Hno*, 54, 565-72.
- LIEU, J. E. 2004. Speech-language and educational consequences of unilateral hearing loss in children. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*, 130, 524-30.
- LOIZOU, P. C. 1999. Introduction to cochlear implants. *IEEE Eng Med Biol Mag*, 18, 32-42.
- MACHEREY, O. & CARLYON, R. P. 2014. Cochlear implants. *Curr Biol*, 24, R878-r884.
- MERTENS, G., KLEINE PUNTE, A., DE BODT, M. & VAN DE HEYNING, P. 2015. Binaural auditory outcomes in patients with postlingual profound unilateral hearing loss: 3 years after cochlear implantation. *Audiol Neurootol*, 20 Suppl 1, 67-72.
- MOSNIER, I., BEBEAR, J. P., MARX, M., FRAYSSE, B., TRUY, E., LINAGRANADE, G., MONDAIN, M., STERKERS-ARTIERES, F., BORDURE, P., ROBIER, A., GODEY, B., MEYER, B., FRACHET, B., PONCET, C., BOUCCARA, D. & STERKERS, O. 2014. Predictive factors of cochlear implant outcomes in the elderly. *Audiol Neurootol*, 19 Suppl 1, 15-20.
- MROWINSKI, D., SCHOLZ, G. & STEFFENS, T. 2017. *Audiometrie: Eine Anleitung für die praktische Hörprüfung*, Thieme.
- MUIGG, F., BLIEM, H. R., KUHN, H., SEEBACHER, J., HOLZNER, B. & WEICHBOLD, V. W. 2019. Cochlear implantation in adults with single-sided deafness: generic and disease-specific long-term quality of life. *Eur Arch Otorhinolaryngol*.
- NADOL, J. B., JR. 1997. Patterns of neural degeneration in the human cochlea and auditory nerve: implications for cochlear implantation. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 117, 220-8.
- OTTE, J., SCHUKNECHT, H. F. & KERR, A. G. 2015. Ganglion cell populations in normal and pathological human cochleae. Implications for cochlear implantation. 1978. *Laryngoscope*, 125, 1038.
- OZDEMIR, S., TUNCER, U., TARKAN, O., KIROGLU, M., CETIK, F. & AKAR, F. 2013. Factors contributing to limited or non-use in the cochlear implant systems in children: 11 years experience. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 77, 407-9.
- PARKIN, J. L., STEWART, B. E., DANKOWSKI, K. & HAAS, L. J. 1989. Prognosticating speech performance in multichannel cochlear implant patients. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 101, 314-9.
- PREJBAN, D. A., HAMZAVI, J. S., ARNOLDNER, C., LIEPINS, R., HONEDER, C., KAIDER, A., GSTOTTNER, W., BAUMGARTNER, W. D. & RISS, D.

2018. Single Sided Deaf Cochlear Implant Users in the Difficult Listening Situation: Speech Perception and Subjective Benefit. *Otol Neurotol*, 39, e803-e809.
- PREVOTEAU, C., CHEN, S. Y. & LALWANI, A. K. 2018. Music enjoyment with cochlear implantation. *Auris Nasus Larynx*, 45, 895-902.
- PROBST, R. 2004. [Subjective and objective audiometry]. *Ther Umsch*, 61, 7-14.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM 2017. R: a language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- RADER, T., DOGE, J., ADEL, Y., WEISSGERBER, T. & BAUMANN, U. 2016. Place dependent stimulation rates improve pitch perception in cochlear implantees with single-sided deafness. *Hear Res*, 339, 94-103.
- RAHNE, T. & PLONTKE, S. K. 2016. Functional Result After Cochlear Implantation in Children and Adults With Single-sided Deafness. *Otol Neurotol*, 37, e332-40.
- RIGBY, R. A. & STASINOPOULOS, D. M. 2005. Generalized additive models for location, scale and shape. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, 54, 507-554.
- RIVAS, A., MARLOWE, A. L., CHINNICI, J. E., NIPARKO, J. K. & FRANCIS, H. W. 2008. Revision cochlear implantation surgery in adults: indications and results. *Otol Neurotol*, 29, 639-48.
- RUFF, S., BOCKLET, T., NOTH, E., MULLER, J., HOSTER, E. & SCHUSTER, M. 2017. Speech Production Quality of Cochlear Implant Users with Respect to Duration and Onset of Hearing Loss. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec*, 79, 282-294.
- SANGEN, A., ROYACKERS, L., DESLOOVERE, C., WOUTERS, J. & VAN WIERINGEN, A. 2017. Single-sided deafness affects language and auditory development - a case-control study. *Clin Otolaryngol*, 42, 979-987.
- SCHÜNKE, M., SCHULTE, E. & SCHUMACHER, U. 2006. *Prometheus - Lernatlas der Anatomie: Kopf und Neuroanatomie ; Schädeltestat*, Thieme.
- SHARMA, S., BHATIA, K., SINGH, S., LAHIRI, A. K. & AGGARWAL, A. 2017. Impact of socioeconomic factors on paediatric cochlear implant outcomes. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 102, 90-97.
- SHIM, H. J., WON, J. H., MOON, I. J., ANDERSON, E. S., DRENNAN, W. R., MCINTOSH, N. E., WEAVER, E. M. & RUBINSTEIN, J. T. 2014. Can unaided non-linguistic measures predict cochlear implant candidacy? *Otol Neurotol*, 35, 1345-53.
- SLADEN, D. P., CARLSON, M. L., DOWLING, B. P., OLUND, A. P., TEECE, K., DEJONG, M. D., BRENNEMAN, A., PETERSON, A., BEATTY, C. W., NEFF, B. A. & DRISCOLL, C. L. 2017. Early outcomes after cochlear implantation for adults and children with unilateral hearing loss. *Laryngoscope*, 127, 1683-1688.
- SMITH, R. J., BALE, J. F., JR. & WHITE, K. R. 2005. Sensorineural hearing loss in children. *Lancet*, 365, 879-90.
- SONNET, M. H., MONTAUT-VERIENT, B., NIEMIER, J. Y., HOEN, M., RIBEYRE, L. & PARIETTI-WINKLER, C. 2017. Cognitive Abilities and Quality of Life After Cochlear Implantation in the Elderly. *Otol Neurotol*, 38, e296-e301.

- SORRENTINO, T., DONATI, G., NASSIF, N., PASINI, S. & REDAELLI DE ZINIS, L. O. 2019. Cognitive function and quality of life in older adult patients with cochlear implants. *Int J Audiol*, 1-7.
- STELZIG, Y., JACOB, R. & MUELLER, J. 2011. Preliminary speech recognition results after cochlear implantation in patients with unilateral hearing loss: a case series. *J Med Case Rep*, 5, 343.
- SULLIVAN, C. B., AL-QURAYSHI, Z., ZHU, V., LIU, A., DUNN, C., GANTZ, B. J. & HANSEN, M. R. 2019. Long-term audiologic outcomes after cochlear implantation for single-sided deafness. *Laryngoscope*.
- TAVORA-VIEIRA, D., BOISVERT, I., MCMAHON, C. M., MARIC, V. & RAJAN, G. P. 2013. Successful outcomes of cochlear implantation in long-term unilateral deafness: brain plasticity? *Neuroreport*, 24, 724-9.
- THUMMLER, R., LIEBSCHER, T. & HOPPE, U. 2016. [Influence of hearing aids on monosyllabic test score and subjective everyday hearing]. *Hno*, 64, 595-600.
- TREMBLAY, K. L., PINTO, A., FISCHER, M. E., KLEIN, B. E., KLEIN, R., LEVY, S., TWEED, T. S. & CRUICKSHANKS, K. J. 2015. Self-Reported Hearing Difficulties Among Adults With Normal Audiograms: The Beaver Dam Offspring Study. *Ear Hear*, 36, e290-9.
- VAN DE HEYNING, P., TAVORA-VIEIRA, D., MERTENS, G., VAN ROMPAEY, V., RAJAN, G. P., MULLER, J., HEMPEL, J. M., LEANDER, D., POLTERAUER, D., MARX, M., USAMI, S. I., KITOH, R., MIYAGAWA, M., MOTEKI, H., SMILSKY, K., BAUMGARTNER, W. D., KEINTZEL, T. G., SPRINZL, G. M., WOLF-MAGELE, A., ARNDT, S., WESARG, T., ZIRN, S., BAUMANN, U., WEISSGERBER, T., RADER, T., HAGEN, R., KURZ, A., RAK, K., STOKROOS, R., GEORGE, E., POLO, R., MEDINA, M. D. M., HENKIN, Y., HILLY, O., ULANOVSKI, D., RAJESWARAN, R., KAMESWARAN, M., DI GREGORIO, M. F. & ZERNOTTI, M. E. 2016. Towards a Unified Testing Framework for Single-Sided Deafness Studies: A Consensus Paper. *Audiol Neurootol*, 21, 391-398.
- VAN ZON, A., PETERS, J. P., STEGEMAN, I., SMIT, A. L. & GROLMAN, W. 2015. Cochlear implantation for patients with single-sided deafness or asymmetrical hearing loss: a systematic review of the evidence. *Otol Neurotol*, 36, 209-19.
- VERMEIRE, K. & VAN DE HEYNING, P. 2009. Binaural hearing after cochlear implantation in subjects with unilateral sensorineural deafness and tinnitus. *Audiol Neurootol*, 14, 163-71.
- VINCENT, C., ARNDT, S., FIRSZT, J. B., FRAYSSE, B., KITTERICK, P. T., PAPSIN, B. C., SNIK, A., VAN DE HEYNING, P., DEGUINE, O. & MARX, M. 2015. Identification and Evaluation of Cochlear Implant Candidates with Asymmetrical Hearing Loss. *Audiology and Neurotology*, 20(suppl 1), 87-89.
- VOLLETH, N., HAST, A., LEHMANN, E. K. & HOPPE, U. 2018. Subjektive Hörverbesserung durch Cochleaimplantatversorgung. *HNO*, 66, 613-620.
- VON ILBERG, C., KIEFER, J., TILLEIN, J., PFENNINGDORFF, T., HARTMANN, R., STURZEBECKER, E. & KLINKE, R. 1999. Electric-acoustic stimulation of the auditory system. New technology for severe hearing loss. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec*, 61, 334-40.
- WENDLER, J., SEIDNER, W. & EYSHOLDT, U. 2014. *Lehrbuch der Phoniatrie und Pädaudiologie*, Thieme.

- WIE, O. B., PRIPP, A. H. & TVETE, O. 2010. Unilateral deafness in adults: effects on communication and social interaction. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 119, 772-81.
- ZAHNERT, T. 2011. Differenzialdiagnose der Schwerhörigkeit. *Dtsch Arztebl International*, 108, 433-44.
- ZENNER, H. P. 2013. *Kurzlehrbuch HNO-Heilkunde: Lernbuch für Studierende*, epubli GmbH.

Danksagung

Zuvorderst möchte ich meinem Doktorvater danken für die Möglichkeit diese Promotion anzugehen. Ebenfalls möchte ich der Zweitgutachterin für ihre Unterstützung danken.

Des Weiteren danke ich meinem Betreuer, ohne dessen kompetente Betreuung und Hilfestellungen diese Arbeit im stressigen Klinikalltag nicht zu realisieren gewesen wäre. Er hatte stets guten Rat oder eine Idee für mich und half über die lange Zeit unermüdlich weiter.

Dank gilt auch den Mitarbeitern der Abteilung Audiologische Akustik sowie der Abteilung Kommunikationsstörungen, die mir den Zugang zu Akten und Untersuchungen ermöglichten und jederzeit ihre Hilfe angeboten haben. Insbesondere möchte ich dem Leitenden danken, dessen audiologische Expertise unabdingbar war für diese Arbeit.

Dem Institut für Medizinische Biometrie, Epidemiologie und Informatik (IMBEI) danke ich für die statistische Beratung.

An dieser Stelle danke ich selbstverständlich auch allen Leuten im privaten Umfeld, die mich unterstützt haben und korrekturgelesen haben. Ohne den Rückhalt der Familie im In- und Ausland und der Freunde, die immer die richtigen Worte parat hatten, hätte ich dies nicht geschafft.

Besonderer Dank gilt meinen Eltern und meiner Schwester, die mir diesen Weg ermöglichten, sowie Laura, die mir eine stetige Stütze war und immer die richtigen Worte fand.

Lebenslauf

Oliver Julian Waleka

geb. 10. Oktober 1989 in Lahnstein

Ausbildung:

09/1996 – 07/2000

Grundschule Niederberg, Koblenz

09/2000 – 03/2009

Max-von-Laue-Gymnasium, Koblenz
Abschluss mit Abitur

10/2010 – 03/2011

Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule, Aachen
Maschinenbaustudium

04/2011 – 05/2017

Johannes-Gutenberg-Universität, Mainz
Studium der Humanmedizin

03/2013

Erster Abschnitt der ärztlichen Prüfung

04/2016

Zweiter Abschnitt der ärztlichen Prüfung

05/2017

Dritter Abschnitt der ärztlichen Prüfung

Berufliche Laufbahn:

04/2009 – 05/2017

Rettungssanitäter beim Deutschen Roten Kreuz, Rhein-Mosel-Eifel gGmbH, Koblenz

05/2016 – 04/2017

Praktisches Jahr am Gem.-Klinikum Mittelrhein, Standort Kemperhof, Koblenz
Fächer: Anästhesiologie, Chirurgie, Innere Medizin

06/2017

Approbation

11/2017 – 10/2018	Weiterbildungsassistent am Bundeswehrzentral Krankenhaus Koblenz, Abt. XIV, Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie, Wiederherstellungschirurgie, Handchirurgie, Verbrennungsmedizin
03/2018	Ernennung zum Soldaten auf Zeit als Stabsarzt
11/2018 – 04/2019	Weiterbildungsassistent am Bundeswehrzentral Krankenhaus Koblenz, Abt. X, Klinik für Anästhesie, Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie
05/2019 – 11/2019	Weiterbildungsassistent am Bundeswehrzentral Krankenhaus Koblenz, Abt. II/XIX, Klinik für Allgemein-, Viszeral- und Thoraxchirurgie
12/2019 – 05/2020	Weiterbildungsassistent am Bundeswehrzentral Krankenhaus Koblenz, Abt. XIV, Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie, Wiederherstellungschirurgie, Handchirurgie, Verbrennungsmedizin
04/2020	Ernennung zum Oberstabsarzt
seit 06/2020	Truppenarzt am Sanitätsversorgungszentrum Cochem