

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

der Universität Würzburg

Direktor: Professor Dr. med. Dr. h.c. Rudolf Hagen

**Retrospektive Datenanalyse einseitig ertaubter Erwachsener, die mit
einem Cochlea Implantat versorgt wurden**

Inauguraldissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der

Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von

Marius Julian Grubenbecher

aus Düsseldorf

Würzburg, Dezember 2020

Referent: Prof. Dr.-Ing. Mario Cebulla

Korreferentin: Prof. Dr. Kathleen Wermke

Dekan: Prof. Dr. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung 21.05.2021

Der Promovend ist Zahnarzt.

Für meine Eltern

und

Friederike

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| Inhaltsverzeichnis..... | I |
| 1 Einleitung..... | 1 |
| 1.1 Definition der einseitigen Taubheit..... | 1 |
| 1.2 Ätiologie | 2 |
| 1.3 Auswirkungen einer einseitigen Taubheit..... | 2 |
| 1.4 Effekte und Vorteile des binauralen Hörens | 3 |
| 1.4.1 Kopfschatteneffekt (Head- Shadow Effekt)..... | 3 |
| 1.4.2 Binaurale Rauschunterdrückung | 4 |
| 1.4.3 Binaurale Summation | 4 |
| 1.4.4 Lokalisationsempfinden | 4 |
| 1.5 Rehabilitationsmethoden..... | 5 |
| 1.5.1 CROS Geräte und Baha® Knochenleitungsimplantate | 5 |
| 1.5.2 Das Cochlea Implantat | 5 |
| 1.6 Audiometrie | 6 |
| 1.6.1 Freiburger Sprachverständlichkeitstest | 7 |
| 1.6.2 Hochmair-Schulz-Moser (HSM)-Satztest..... | 8 |
| 1.7 Literaturübersicht CI bei SSD..... | 8 |
| 1.8 Fragestellung und Zielsetzung..... | 10 |
| 2 Material und Methoden..... | 12 |
| 2.1 Ethik- und Tierversuchsvotum | 12 |
| 2.2 Patientenkollektiv | 12 |
| 2.2.1 Geschlechterverhältnis..... | 13 |
| 2.2.2 Durchschnittsalter | 13 |
| 2.2.3 Ertaubungsdauer | 14 |
| 2.2.4 Ertaubungsgrund | 15 |
| 2.2.5 Verwendete Cochlea Implantate | 16 |
| 2.3 Sprachverständlichkeitstests..... | 16 |
| 2.4 Auswertung der Daten und statistische Analyse | 17 |
| 2.4.1 Variable Hörerfahrung | 18 |
| 2.4.1.1 Entwicklung der Hörleistung nach Cochlea Implantation | 18 |
| 2.4.1.2 Höhe und Zeitpunkt des individuell besten Ergebnisses..... | 18 |

| | | |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.4.2 | Variable Ertaubungsdauer..... | 18 |
| 2.4.2.1 | Korrelation..... | 18 |
| 2.4.2.2 | Performanceklassen..... | 19 |
| 2.4.2.3 | Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer ≥ 10 Jahre | 19 |
| 2.4.2.4 | Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer ≥ 10 Jahre ohne prälingual und perilingual Ertaubte | 19 |
| 2.4.3 | Variable Ätiologie in Kombination mit der Ertaubungsdauer | 20 |
| 2.4.4 | Multiple lineare Regression..... | 20 |
| 2.4.4.1 | Variable Hörerfahrung | 21 |
| 2.4.4.2 | Variable Ertaubungsdauer..... | 21 |
| 2.4.4.3 | Variable Ätiologie | 21 |
| 3 | Ergebnisse | 22 |
| 3.1 | Einfluss der Hörerfahrung auf die Sprachverständlichkeit | 22 |
| 3.1.1 | Entwicklung der Sprachverständlichkeit nach Cochlea Implantation - Darstellung des individuell besten Messergebnisses im jeweiligen Untersuchungszeitraum | 22 |
| 3.1.1.1 | Freiburger Zahlen 65 dB SPL | 22 |
| 3.1.1.2 | Freiburger Einsilber 65 dB SPL..... | 24 |
| 3.1.1.3 | Freiburger Einsilber 80 dB SPL..... | 25 |
| 3.1.1.4 | HSM-Satztest 65 dB SPL ohne Störschall..... | 27 |
| 3.1.2 | Höhe und Zeitpunkt des individuell besten Ergebnisses..... | 29 |
| 3.2 | Einfluss der Ertaubungsdauer auf die Sprachverständlichkeit..... | 30 |
| 3.2.1 | Freiburger Zahlentest bei 65 dB SPL | 30 |
| 3.2.1.1 | Korrelation..... | 31 |
| 3.2.1.2 | Performanceklassen | 31 |
| 3.2.1.3 | Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer ≥ 10 Jahre | 32 |
| 3.2.2 | Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL | 33 |
| 3.2.2.1 | Korrelation..... | 33 |
| 3.2.2.2 | Performanceklassen | 34 |
| 3.2.2.3 | Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer ≥ 10 Jahre | 35 |
| 3.2.3 | Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL | 36 |
| 3.2.3.1 | Korrelation..... | 37 |
| 3.2.3.2 | Performanceklassen..... | 37 |
| 3.2.3.3 | Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer ≥ 10 Jahre | 38 |

| | | |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.2.4 | HSM-Satztest bei 65 dB SPL ohne Störschall..... | 40 |
| 3.2.4.1 | Korrelation..... | 40 |
| 3.2.4.2 | Performanceklassen:..... | 41 |
| 3.2.4.3 | Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer ≥ 10 Jahre | 42 |
| 3.2.5 | Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer ≥ 10 Jahre ohne prälingual und perilingual Ertaubte | 43 |
| 3.2.5.1 | Freiburger Zahlentest bei 65 dB SPL | 43 |
| 3.2.5.2 | Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL | 44 |
| 3.2.5.3 | Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL | 45 |
| 3.2.5.4 | HSM-Satztest bei 65 dB SPL..... | 46 |
| 3.3 | Einfluss der Ätiologie in Kombination mit der Ertaubungsdauer auf die Sprachverständlichkeit..... | 47 |
| 3.3.1 | Freiburger Zahlentest bei 65 dB SPL | 48 |
| 3.3.2 | Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL | 49 |
| 3.3.3 | Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL | 51 |
| 3.3.4 | HSM-Satztest bei 65 dB SPL ohne Störgeräusch | 52 |
| 3.4 | Multiple lineare Regression | 55 |
| 3.4.1 | Multiple lineare Regression für den Freiburger Zahlentest bei 65 dB SPL..... | 55 |
| 3.4.2 | Multiple lineare Regression für den Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL..... | 56 |
| 3.4.3 | Multiple lineare Regression für den Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL..... | 58 |
| 3.4.4 | Multiple lineare Regression für den HSM-Satztest ohne Störschall bei 65 dB SPL | 59 |
| 3.5 | Zusammenfassung der Ergebnisse | 62 |
| 3.5.1 | Einflussfaktor Hörerfahrung..... | 62 |
| 3.5.2 | Einflussfaktor Ertaubungsdauer..... | 62 |
| 3.5.2.1 | Korrelation..... | 62 |
| 3.5.2.2 | Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer ≥ 10 Jahre | 63 |
| 3.5.2.3 | Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer ≥ 10 Jahre ohne prälingual und perilingual Ertaubte | 63 |
| 3.5.2.4 | Regressionsanalyse | 64 |
| 3.5.3 | Einflussfaktor Ätiologie | 64 |
| 4 | Diskussion..... | 66 |
| 4.1 | Einflussfaktoren..... | 66 |
| 4.2 | Limitationen | 69 |

| | | |
|-----|----------------------------|----|
| 4.3 | Fazit | 70 |
| 5 | Zusammenfassung..... | 72 |
| 6 | Literaturverzeichnis..... | 75 |
| I | Abkürzungsverzeichnis..... | |
| II | Abbildungsverzeichnis..... | |
| III | Tabellenverzeichnis | |
| IV | Danksagung | |
| V | Lebenslauf | |
| VI | Eigene Publikationen..... | |

1 Einleitung

Der Mensch nimmt seine Umwelt durch Sinneseindrücke wahr. Für sämtliche Alltagskompetenzen sowie für die Fähigkeit im sozialen Gefüge zu bestehen, ist die Funktionsfähigkeit der Sinne elementar. Häufig wird dabei dem Sehsinn die höchste Priorität unter den Sinnen zugesprochen. Erst bei näherer Betrachtung wird klar, wie elementar das Hören ist, um am gesellschaftlichen Leben teilzunehmen (Wie et al. 2010). Es ist wesentlich in der direkten Kommunikation und nicht nur von Bedeutung für den bloßen Austausch von Informationen. So können über den Klang der Stimme auch Emotionen wie Angst, Unsicherheit oder Wut wahrgenommen werden. Auch um am kulturellen Leben teilnehmen zu können (man denke hier an die Musik) ist ein funktionsfähiger Hörsinn Voraussetzung. Ebenso wichtig ist es in der Gefahrenabwehr. Durch den Hörsinn kann beispielsweise die Sirene eines herannahenden Rettungswagens bereits vernommen und die Richtung geortet werden, bevor er durch die Augen sichtbar wird. Der Verlust der Hörkompetenz wirkt sich daher auf zahlreiche Lebensbereiche aus und führt nicht selten zur sozialen Isolation.

1.1 Definition der einseitigen Taubheit

Der Hörverlust tritt in verschiedenen Formen und Ausprägungen auf. Dabei kann zwischen einseitigem und beidseitigem Hörverlust in unterschiedlichen Schweregraden unterschieden werden. Die extremste Form ist die hochgradige Hörbeeinträchtigung, auch Taubheit genannt. Tritt die Taubheit nur in einem Ohr auf und ist das andere Ohr normalhörend, spricht man von einseitiger Taubheit (engl. Single Sided Deafness (SSD)). Tritt zusätzlich zu der kompletten Ertaubung in einem Ohr auch eine Hörbeeinträchtigung im anderen Ohr auf, bezeichnet man dies als beidseitigen, asymmetrischen Hörverlust (engl. Asymmetric Hearing Lost (AHL)). Eine audiologische Klassifikation von AHL und SSD wurde erstmals von Vincent et al. 2015) erstellt und ist wie folgt definiert: AHL beschreibt einen Hörverlust mit dem PTA (Pure Tone Average = Mittelwert der Frequenzen 500 Hz, 1,2,4 kHz) im schlechteren Ohr von ≥ 70 dB HL

(HL = Hearing Lost) und einen Hörverlust zwischen > 30 dB HL und ≤ 55 dB HL im besseren Ohr. Einseitige Taubheit dagegen beschreibt einen Hörverlust von ≥ 70 dB HL im schlechteren Ohr und ein normales Hörvermögen von ≤ 30 dB HL im gegenüberliegenden Ohr. Diese Klassifikation nahmen auch van de Heyning et al. (2016) in ihrem Consensus Paper bezüglich einheitlicher Rahmenbedingungen für SSD Studien auf.

1.2 Ätiologie

Vielfältige Erkrankungen können zu einer einseitigen Taubheit führen, sodass letztlich jede Altersgruppe davon betroffen sein kann. Sie kann isoliert und unvermittelt, wie z.B. beim plötzlichen Hörsturz, auftreten, oder Folge anderer Erkrankungen, beispielsweise von Infektionskrankheiten wie Masern, Mumps, Meningitis und Otitis media sein (Usami et al. 2017). Auch Kopfverletzungen und Komplikationen vorausgegangener Ohroperationen, oder Neoplasien wie das Vestibularisschwannom können zur einseitigen Taubheit führen (Schreiber et al. 2010). Beim Morbus Menière ist der Hörverlust Teil der Symptomtrias. Der häufigste Ertaubungsgrund im Erwachsenenalter ist der plötzliche Hörsturz (Usami et al. 2017).

1.3 Auswirkungen einer einseitigen Taubheit

Außenstehende sind sich der Tragweite, die ein einseitiger Hörverlust mit sich bringt, oft nicht bewusst. Geräusche können zwar grundsätzlich auch mit dem nicht betroffenen Ohr wahrgenommen werden, jedoch ist gerade die Kompetenz des binauralen Hörens, dem Hören mit beiden Ohren, von zentraler Bedeutung in vielen Alltagssituationen. Ist diese Fähigkeit eingeschränkt, haben die Betroffenen Probleme Geräusche zu lokalisieren. Es fällt ihnen dadurch beispielsweise deutlich schwerer die Richtung einer Sirene eines Rettungswagens zu orten. Auch in geräuschvoller Umgebung mit vielen verschiedenen Schallquellen (oft beschrieben als Cocktailparty-Effekt), bereitet es ihnen Schwierigkeiten, die Aufmerksamkeit auf eine Schallquelle,

beispielsweise eine Unterhaltung, hinzuwenden und die anderen Schallquellen sozusagen auszublenden.

Der Verlust des binauralen Hörens führt daher zu starken Beeinträchtigungen in Alltagssituationen. Die Teilhabe am sozialen Leben, insbesondere in geräuschvoller Umgebung (Cocktailparty-Effekt) wird dadurch erheblich erschwert, was bei den Betroffenen zu Meidungsverhalten derartiger Situationen führen kann. Schließlich wird eine verminderte Lebensqualität beschrieben (Wie et al. 2010; Giardina et al. 2014).

1.4 Effekte und Vorteile des binauralen Hörens

Das binaurale Hören bewirkt, dass von Geräuschen nicht nur eine inhaltliche, sondern auch eine räumliche Information wahrgenommen werden kann. Durch den Vergleich der ankommenden Reize aus beiden Ohren entsteht im Gehirn ein Bild der Umwelt, selbst wenn der visuelle Sinn ausgeschaltet ist. Möglich wird dies durch die dem binauralen Hören zugrundeliegenden Mechanismen und Effekte, die Avan et al. (2015) in ihrer Arbeit näher ausführen. Zu den binauralen Effekten gehören der Kopfschatteneffekt (engl. Headshadow), die binaurale Rauschunterdrückung (engl. Squelch), sowie die binaurale Summation. Ernst et al. (2009) unterteilen die binauralen Effekte in den physikalisch- akustischen Effekt des Kopfschattens und in neurophysiologische Effekte. Ankommende Signale aus beiden Ohren werden zentral verarbeitet und verglichen. Durch die Neuroplastizität des Gehirns wird diese zentrale Verarbeitung mit steigender Hörerfahrung optimiert (Ernst et al. 2009; Sharma et al. 2007).

1.4.1 Kopfschatteneffekt (Head- Shadow Effekt)

Ein Effekt des binauralen Hörens ist der Kopfschatteneffekt. Dieser beruht darauf, dass der Kopf für antreffende Schallwellen als eine Art Schallmauer fungiert. Schall, der auf einer Seite erzeugt wird, erreicht das gegenüberliegende Ohr in abgeschwächter Form. Der Kopf als „Barriere“ bewirkt eine frequenzabhängige Reduktion des Schallpegels (Ernst et al. 2009). In einer Situation in der sowohl ein Nutzschall (die für den Hörenden in dieser Situation

relevanten Geräusche) als auch ein Störschall (Geräusche, die in derselben Situation auch anwesend, aber für den Hörenden irrelevant sind und daher den Nutzschall „stören“) vorliegen und diese jeweils aus unterschiedlichen Richtungen kommen, bewirkt der Kopfschatten einen hörverbessernden Effekt. Die beschreibende Größe dieses Effektes ist der SNR (Signal-to-Noise-Ratio), also das Verhältnis von Nutzschall zu Störschall. Dieser ist an dem Ohr größer, welches der Nutzschallquelle zugewandt ist, als auf der Seite, die dem Störschall zugewandt ist.

1.4.2 Binaurale Rauschunterdrückung

In der oben beschriebenen Situation kann das Gehirn seine Aufmerksamkeit auf die Seite mit dem höheren SNR lenken. Dieser Effekt wird auch als Rauschunterdrückung (engl. Binaural Squelch) bezeichnet. So ist es möglich, die Aufmerksamkeit bewusst einer Schallquelle zuzuwenden und die Störgeräusche auszublenden (Avan et al. 2015; Ernst et al. 2009).

1.4.3 Binaurale Summation

Ein weiterer Effekt des binauralen Hörens ist die binaurale Summation. Der Höreindruck wird vermittelt, indem der Schall im Innenohr in elektrische Signale umgewandelt und ins Gehirn weitergeleitet wird. Wird der Schall von beiden Ohren aufgenommen und weitergeleitet, summieren sich die Signale im Hirnstamm und beeinflussen so den Höreindruck (Ernst et al. 2009). Dadurch werden beispielsweise Geräusche, die von vorne präsentiert werden, mit beiden Ohren als lauter wahrgenommen, als wenn nur ein Ohr die Signale ans Gehirn sendet (Avan et al. 2015). Neben dem Eindruck der Lautstärke können durch die Summation auch feine Unterschiede und Störungen gefiltert, und so die Sprachverständlichkeit verbessert werden (Avan et al. 2015).

1.4.4 Lokalisationsempfinden

Auch die Lokalisation einer Geräuschquelle ist durch das binaurale Hören möglich. Die Schallwellen erreichen das Ohr, welches der Schallquelle zugewandt ist, aufgrund der kürzeren Entfernung zur Schallquelle etwas früher

als das gegenüberliegende Ohr (Avan et al. 2015). Aus diesem Zeitunterschied kann das Gehirn die Schallquelle in der horizontalen Ebene lokalisieren (Avan et al. 2015; Ernst et al. 2009).

1.5 Rehabilitationsmethoden

Therapieziel in der Rehabilitation des Hörverlustes ist es, dem binauralen Hören und den damit verbundenen Vorteilen möglichst nahe zu kommen. Noch vor einigen Jahren wurden einseitig Ertaubte nicht mit Cochlea Implantaten, sondern mit CROS Geräten oder Baha® Knochenleitungsimplantaten (Cochlear Ltd., Australia) versorgt.

1.5.1 CROS Geräte und Baha® Knochenleitungsimplantate

CROS steht für „Contralateral Routing of Signal“. Hierbei werden die Signale auf der ertaubten Seite mittels eines Mikrofons aufgenommen und auf das gesunde Ohr übertragen. Dies geschieht bei den CROS- Hörgeräten über Funk oder Kabel. Baha® steht für „Bone Anchored Hearing Aid“. Hierbei wird der Schall in Vibrationen umgewandelt und mittels Knochenleitung auf das Innenohr der gesunden Seite übertragen. Eine Rehabilitation hin zum binauralen Hören findet bei diesen Versorgungen nicht wirklich statt, da der Schall nur auf die gesunde, hörende Seite übertragen wird.

1.5.2 Das Cochlea Implantat

Ein anderer Therapieansatz ist es, einseitig Ertaubte mit einem Cochlea Implantat zu versorgen. Hierbei wird das erkrankte Ohr rehabilitiert, sodass binaurales Hören möglich wird (Arndt et al. 2011). Das Cochlea Implantat (CI) besteht aus zwei grundlegenden Bauteilen. Einem Implantat, bestehend aus Implantatgehäuse, Magnet und Empfangsspule, sowie dem Elektrodenträger. Zu den externen Komponenten zählen der Sprachprozessor, hier sind meist zwei Mikrofone verbaut, sowie eine Sendespule mit Magneten.

Das Mikrofon sitzt hinter dem zu rehabilitierenden Ohr und empfängt die Schallwellen. Diese werden dann vom Sprachprozessor verarbeitet, in

elektrische Signale umgewandelt und zur Sendespule weitergeleitet. Die Sendespule wird mit einem Magneten am Hinterkopf befestigt und überträgt die Signale weiter zu einer unter der Haut liegenden Empfangsspule. Von hier aus erfolgt die Weiterleitung über einen in der Gehörschnecke platzierten Elektrodenträger, der über die einzelnen Elektrodenkontakte direkt den Hörnerv des zu rehabilitierenden Ohres reizt. Schließlich kann im Gehirn ein Höreindruck wahrgenommen werden.

Das Cochlea Implantat verstärkt nicht wie herkömmliche Hörgeräte die Lautstärke und überträgt auch nicht wie beispielsweise CROS- Hörgeräte die Schallwellen auf das gegenüberliegende Ohr. Durch das CI werden die Signale direkt auf den Hörnerv des betroffenen Ohres übertragen. Daher ist ein funktionsfähiger Hörnerv auch eine Grundvoraussetzung für die CI -Versorgung.

1.6 Audiometrie

Um die Funktionsfähigkeit des Hörorgans überprüfen zu können werden je nach Fragestellung verschiedene Testverfahren aus der Audiometrie angewandt. So wird beispielsweise die Tonaudiometrie von der Sprachaudiometrie unterschieden.

In der Tonaudiometrie werden reine Sinustöne zur Hörschwellenmessung benutzt. Um einen Hörverlust zu beschreiben wird zunächst die Hörschwelle, also die Lautstärke ermittelt, bei dem ein erster Höreindruck wahrnehmbar ist. Das Ergebnis wird in dB HL auf der y-Achse des Audiogrammes dargestellt. Auf der x-Achse des Audiogrammes werden die logarithmischen Frequenzen 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 und 8000 Hz aufgetragen und die Hörschwelle für jeden einzelnen Messwert nach einer bestimmten Messmethodik ermittelt. Das Ergebnis wird in einem sogenannten Audiogramm dargestellt. Die Messung erfolgt sowohl über Luft- als auch über Knochenleitung. Dadurch kann ein Hörverlust festgestellt und durch den Vergleich zwischen den Ergebnissen der Luft- und Knochenleitung auch eine Aussage getroffen werden, ob eine Innenohrschwerhörigkeit, eine Störung im Mittelohr, oder eine Kombination aus beiden vorliegt.

Demgegenüber steht die Sprachaudiometrie, die Aufschlüsse über die Alltagskompetenz im Sprachverstehen ermittelt. Die Sprachverständlichkeit in Alltagssituationen ist ein komplexer Vorgang, bei dem sowohl der Frequenzbereich als auch der Schalldruckpegel Schwankungen unterliegen. Die objektive Messung der Sprachverständlichkeit ist daher schwieriger. So führen beispielsweise auch Einflussfaktoren wie das „Verstehen aus dem Zusammenhang“ auch bei Nichthören einiger Wort- oder Satzteile, zu Ungenauigkeiten in der objektiven Bewertung. Im Laufe der Zeit wurden unterschiedliche Sprachverständlichkeitstests entwickelt. An der Würzburger HNO-Klinik gehören zur Testbatterie der Freiburger Sprachverständlichkeitstest, aufgeteilt in den Freiburger Zahlentest und Freiburger Einsilbertest, sowie der Hochmair-Schulz-Moser (HSM)-Satztest.

1.6.1 Freiburger Sprachverständlichkeitstest

Der Freiburger Sprachverständlichkeitstest nach Hahlbrock 1957 gehört zu den weitverbreitetsten Sprachverständlichkeitstests im deutschsprachigen Raum und ist in der DIN 45621-1:1995-08 vereinheitlicht. Die Ergebnisse im Freiburger Sprachverständlichkeitstest bilden die Grundlage zur Verordnung von Hörhilfen, in der Richtlinie des Gemeinsamen Bundesausschusses zur vertragsärztlichen Versorgung (Gemeinsamer Bundesausschuss 2020).

Er wird unterteilt in den Freiburger Zahlentest und Freiburger Einsilbertest. Der Freiburger Zahlentest besteht aus 10 Gruppen mit jeweils 10 zweistelligen Zahlen. Der Freiburger Einsilbertest besteht aus 20 verschiedenen Gruppen mit je 20 einsilbigen Wörtern pro Gruppe. Die Zahlen und Wörter werden über eine CD vorgespielt und sollen vom Probanden wiederholt werden. Für jede richtig wiedergegebene Zahl erhält man 10 % und für jedes richtig wiedergegebene Wort 5 %. Werden alle Zahlen oder Wörter richtig wiedergegeben beträgt die Sprachverständlichkeit in diesem Test demzufolge 100 %. Der Schalldruckpegel (engl.: Sound Pressure Level (SPL)) bei der Wiedergabe kann variiert werden. In den vorliegenden Tests wurden die Zahlen bei 65 dB SPL und die Einsilber bei 65 dB SPL oder 80 dB SPL dargeboten.

1.6.2 Hochmair-Schulz-Moser (HSM)-Satztest

Der Hochmair- Schulz-Moser (HSM)- Satztest (1997) wurde speziell für Cochlea-Implantat-Träger entwickelt um die Sprachverständlichkeit im Verlauf nach Cochlea-Implantation zu evaluieren. Der Test ist auf einer CD erhältlich und besteht aus 30 Listen mit 20 alltäglichen Sätzen. Der Test bietet auch die Möglichkeit, die Sätze im Störgeräusch zu präsentieren. In den Daten der vorliegenden Arbeit wurde der HSM-Satztest jedoch ohne Störgeräusch bei 65 dB SPL dargeboten.

1.7 Literaturübersicht CI bei SSD

Die initiale Idee, einseitig Ertaubte mit einem Cochlea Implantat zu versorgen resultierte aus einer Studie, bei der es primär um die Reduktion des Tinnitus im ertaubten Ohr von Patientinnen und Patienten mit SSD ging (van de Heyning et al. 2008; Vermeire; van de Heyning 2009). Hierbei wurde neben der Reduktion des Tinnitus auch eine Hörverbesserung beschrieben.

Vor der Versorgung einseitig Ertaubter mit Cochlea-Implantaten waren CROS-Hörgeräte und Baha[®]-Knochenleitungsimplantate vorherrschende Therapieoptionen. Arndt et al. (2011) verglichen in Ihrer Studie die Cochlea-Implantat-Versorgung mit CROS-Hörgeräten, Baha[®]-Knochenleitungsimplantaten und mit der unversorgten Situation. Die Cochlea Implantation war den anderen Versorgungen sowohl im Lokalisationsempfinden als auch in der Sprachverständlichkeit im Störgeräusch signifikant überlegen. Ebenso zeigen weitere Studien Verbesserungen nach CI-Versorgung im Lokalisationsempfinden (Döge et al. 2017; Zeitler et al. 2015), in der Sprachverständlichkeit im Störgeräusch sowie bzgl. der subjektiv empfundenen Verbesserung in Alltagssituationen (Mertens et al. 2015). Mittlerweile gehört die CI-Versorgung zu einer weit verbreiteten Therapieoption bei einseitiger Taubheit und wird auch standardmäßig von den Krankenkassen übernommen.

Die ersten CI-Implantationen bei einseitig ertaubten Erwachsenen an der Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkrankheiten (HNO-Klinik) des Universitätsklinikums Würzburger fanden im Jahre 2009 statt. Seitdem wurde die

Cochlea Implantation bei einer Vielzahl von Patienten und Patientinnen durchgeführt, die sich sowohl hinsichtlich Ihrer Ätiologie als auch in der Ertaubungsdauer unterschieden. Der Einfluss der Ertaubungsdauer auf die spätere Hörleistung mit dem Cochlea Implantat wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Einen negativen Einfluss einer langen Ertaubungsdauer bei beidseitig Ertaubten sehen beispielsweise Holden et al. (2013). Blamey et al. zeigten (1996) in ihrer Studie einen starken negativen Effekt der Ertaubungsdauer, der in einer weiteren Untersuchung der gleichen Patientenkohorte Jahre später jedoch schwächer ausfiel (Blamey et al. 2013). Rahne; Plontke (2016) beschreiben zwar eine schlechtere Hörleistung in Ruhe bei Langzeitertaubten, weisen jedoch auch auf Ausnahmen hin. Beispielsweise erreichte ein Patient mit Mondini Dysplasie trotz 54-jähriger Ertaubung gute Ergebnisse im Hörtest. Insgesamt kommen sie zu dem Schluss, dass auch Langzeitertaubte von einem Cochlea Implantat profitieren können. Moon et al. (2014) untersuchten beidseitig Ertaubte mit über 30-jähriger Ertaubungsdauer und sahen keinen signifikanten Unterschied zu Ertaubten mit kürzerer Ertaubungsdauer. Ebenso stellten Medina et al. (2017) fest, dass eine lange Ertaubungsdauer die CI-Versorgung nicht negativ beeinflusst.

Dagegen untersuchten Green et al. (2007) beidseitig Ertaubte nach CI-Versorgung und zeigten eine signifikant schlechtere Wirkungsweise bei längerer Ertaubungsdauer. Bei einseitig ertaubten Erwachsenen fanden Távora-Vieira et al. (2013) hinsichtlich des Lokalisationsempfindens keine Korrelation mit der Ertaubungsdauer. Arndt et al. (2017) unterschieden Patienten und Patientinnen mit AHL von denen mit SSD hinsichtlich ihres Sprachergebnisses in Abhängigkeit der Ertaubungsdauer. Bei den AHL Patienten und Patientinnen gab es einen signifikanten Unterschied, nicht jedoch bei denen mit SSD.

Der einseitigen Taubheit liegt eine Vielzahl unterschiedlicher Ätiologien zugrunde. Sie wurden von Usami et al. (2017) beschrieben. Danach war für 55 % der von SSD betroffenen japanischen Bevölkerung ein plötzlicher Hörsturz ursächlich. Bei 16 % war der Krankheitsursprung unbekannt, und in den übrigen Fällen wurden verschiedene Ursachen wie perilymphatische Fistel, Tumore, Cholesteatom, Otitis media oder chronische Otitis media beschrieben. Sie

schließen damit, dass aufgrund der Vielzahl der zugrundeliegenden Ätiologien, diese auch hinsichtlich der therapeutischen Interventionen abgeklärt werden sollten.

Die zur Taubheit führende Ätiologie wird in vielen Studien benannt, ihr möglicher Einfluss jedoch meist nicht näher untersucht. Sladen et al. (2017) beschreiben die unterschiedlichen Ätiologien in ihrem Patientenkollektiv. Mit 52 % bildet auch hier der plötzliche Hörsturz die größte Gruppe. Sie kommen jedoch zu dem Schluss, dass eine Analyse aufgrund der geringen Datenmenge in den anderen Gruppen nicht möglich sei.

Blamey et al. (2013) untersuchten beidseitig ertaubte Erwachsene und kategorisierten die Ergebnisse auch nach der Ätiologie. Sie bildeten sowohl den Mittelwert aller Ergebnisse als auch die Mittelwerte nach den einzelnen Ätiologien. Dabei lagen die Mittelwerte von Ototoxizität, Labyrinthitis, chronischer Otitis media, Meningitis, Felsenbeinfraktur, Akustikusneurinom und Auditory Neuropathy Spectrum Disorder (ANSO) in absteigender Reihenfolge unterhalb des Gesamtmittelwertes. Dagegen lagen akustisches Trauma, unbekannte Ätiologie, Otosklerose, Morbus Menière, genetische Ursache und plötzlicher idiopathischer Hörverlust in aufsteigender Reihenfolge oberhalb des Gesamtmittelwertes.

1.8 Fragestellung und Zielsetzung

Die Auswirkungen einer einseitigen Taubheit sind gravierend und das binaurale Hören, also das Hören mit beiden Ohren, elementar für die Erfassung der räumlichen Umgebung und der Teilhabe am gesellschaftlichen Leben. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit einseitig ertaubten Erwachsenen, die an der Klinik für Hals- Nasen- Ohrenheilkunde des Universitätsklinikums Würzburg mit einem Cochlea Implantat rehabilitiert wurden.

Ziel dieser Arbeit ist es, die Entwicklung der Hörleistung, der mit einem Cochlea Implantat versorgten SSD Patienten und Patientinnen, durch die in den Nachsorgeterminen durchgeführten Sprachverständlichkeitstests aufzuzeigen. Dabei sollen die eigenen Ergebnisse reflektiert und mit Daten aus der Literatur

verglichen werden. Es soll durch diese retrospektive Datenanalyse versucht werden, Faktoren zu ermitteln, die einen Einfluss auf die erzielte Sprachverständlichkeit nach Cochlea Implantation haben. Die Ergebnisse schließlich zielen darauf ab, die Sprachverständlichkeit und letztlich den Nutzen für die Patienten und Patientinnen besser vorhersagen zu können.

2 Material und Methoden

An der Klinik für Hals- Nasen- Ohrenheilkunde des Universitätsklinikums Würzburg wurden in den Jahren 2009 bis 2016 genau 61 einseitig ertaubte Erwachsene mit einem Cochlea-Implantat versorgt. Im Rahmen der Nachsorge wurden sie nach erstmaliger Aktivierung regelmäßig zur Sprachprozessoranpassung einbestellt. Die Anpassungen erfolgten in den Intervallen 1, 3, 6 und 12 Monate nach Implantation und danach jährlich. Hier fanden sowohl ärztliche Konsultationen als auch Beratungen zu Rehabilitations- und Trainingsmöglichkeiten statt. Die Sprachverständlichkeit wurde in den Nachsorgeterminen anhand von Sprachverständlichkeitstests ermittelt. Zur Testbatterie gehörten der Freiburger Zahlentest, der Freiburger Einsilbertest, sowie der HSM-Satztest. Die Daten aus den in den Nachsorgeterminen durchgeführten Sprachverständlichkeitstests bilden die Grundlage für diese Arbeit. Der Datenkorpus umfasste dabei insgesamt 515 erhobene Messergebnisse aus den Sprachverständlichkeitstests.

2.1 Ethik- und Tierversuchsvotum

Eine Unbedenklichkeitsbescheinigung der Ethikkommission der Universität Würzburg für das Projekt „Longterm evaluation of Cochlear Implantation in patients with Single Sided Deafness“ liegt vor (Vorgangszeichen: 20180808 02).

2.2 Patientenkollektiv

Von den 61 implantierten einseitig ertaubten Erwachsenen liegen nur von 55 dokumentierte Messdaten vor. Diese 55 Patienten und Patientinnen bilden die untersuchte Gesamtpopulation ($N_{\text{gesamt}} = 55$). Die in dieser Arbeit untersuchte Patientenkohorte wies die in Tabelle 1 aufgeführten Einschlusskriterien auf.

Tabelle 1. Einschlusskriterien der in dieser Arbeit untersuchten Patienten und Patientinnen

| Einschlusskriterien |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| - präoperativ diagnostizierte einseitige Taubheit |
| - Alter bei Implantation \geq 16 Jahre |
| - CI-Implantation in den Jahren 2009 - 2016 |
| - keine Ossifikationen oder andere Pathologien in den präoperativ durchgeführten CT/MRT Aufnahmen |

2.2.1 Geschlechterverhältnis

Das Geschlechterverhältnis ist grob ausgeglichen mit 23 (42%) männlichen Patienten und 32 (58%) weiblichen Patienten.

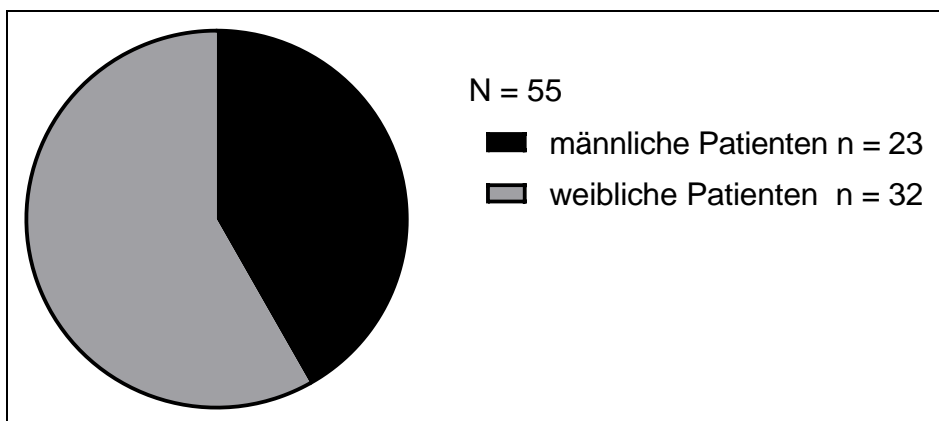


Abbildung 1. Geschlechterverhältnis. Die Abbildung zeigt das Geschlechterverhältnis in der vorliegenden Population. n = Anzahl

2.2.2 Durchschnittsalter

Die Abbildung 2a) zeigt eine Boxplotdarstellung des Implantationsalters. Das Durchschnittsalter bei Implantation betrug 43,65 Jahre und der Median 46,54 Jahre. Der jüngste Patient war bei Implantation 16 Jahre und der Älteste 64 Jahre alt. Zum Zeitpunkt der Datenerhebung im Jahre 2016 betrug das Durchschnittsalter 46,7 Jahre (19,73 - 68,95 Jahre), der Median lag bei 49,3 Jahren (siehe Abbildung 2b) und 2c)). Abbildung 2d) zeigt eine Boxplotdarstellung zur Hörerfahrung. Der Median der Hörerfahrung mit Cochlea Implantat im Jahr 2016 lag bei 2,8 Jahren.

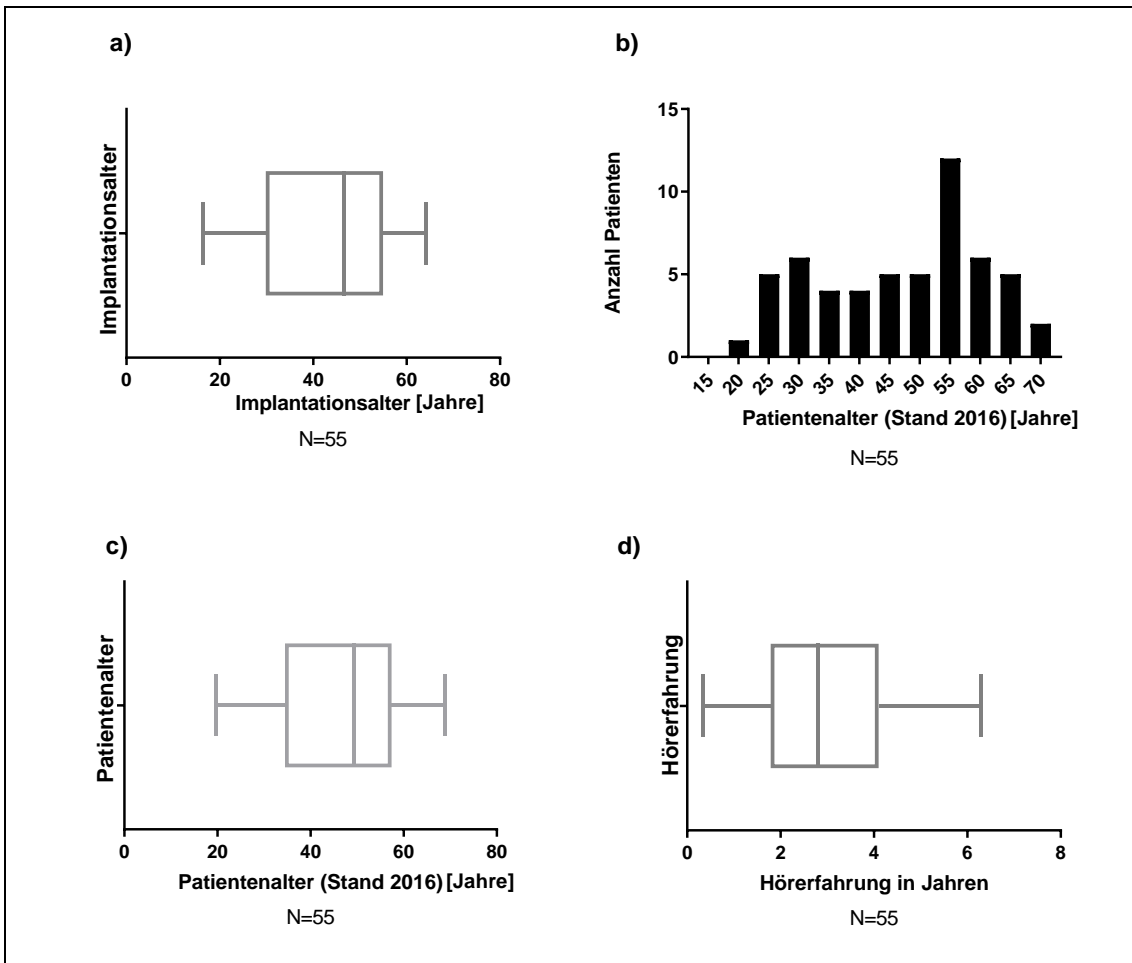


Abbildung 2. Implantationsalter, Patiententalter und Hörerfahrung. a) Bloxspotdarstellung des Implantationsalters. Aufgeführt sind der Median, die 25% und 75% Perzentile sowie Minimum und Maximum. In den Abbildungen b) und c) ist das Patiententalter zum Erhebungsdatum im Jahr 2016 dargestellt. Abbildung. b) zeigt ein Balkendiagramm. Die y- Achse zeigt die Patientenanzahl, die x- Achse das Patiententalter. Abbildung. c) zeigt eine Boxplotdarstellung zum Patiententalter. Es sind der Median, die 25% und 75% Perzentile sowie Minimum und Maximum dargestellt. Abbildung c) zeigt eine Boxdarstellung der Hörerfahrung. Ebenfalls mit dem Median, der 25% und 75% Perzentile sowie Minimum und Maximum. Für die Abbildungen 2 a), b), c) und d) gilt N = untersuchte Patientenanzahl.

2.2.3 Ertaubungsdauer

Die Ertaubungsdauer vor Implantation variiert stark. Die Abbildungen 3 a), b) und c) veranschaulichen die Ertaubungsdauer in der untersuchten Population. Der Mittelwert liegt bei 12 Jahren mit einem Minimum von wenigen Wochen und einem Maximum von 55 Jahren. Der Median liegt jedoch bei nur 4 Jahren. Um den Datensatz hinsichtlich der Ertaubungsdauer vergleichen zu können wurden die Patientenfälle nach einer in der Literatur vorgeschlagenen Kategorisierung der Ertaubungsdauer in unter und über 10 Jahre (Medina et al. (2017)) aufgeteilt.

Dabei wiesen 35 Patienten und Patientinnen (n = 35; 64%) eine Ertaubungsdauer unter 10 Jahren und 20 (n = 20; 36%) eine Ertaubungsdauer über 10 Jahre auf (siehe Abbildung 3c)).

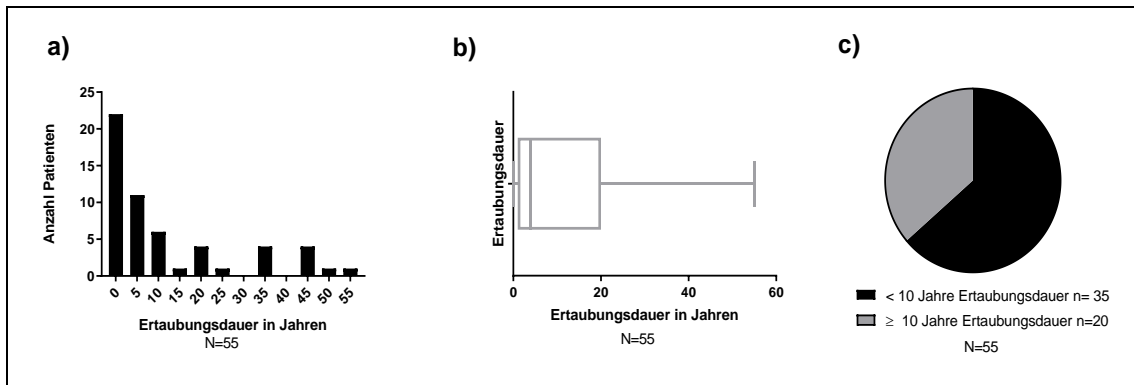


Abbildung 3. Ertaubungsdauer. Die Abbildungen 3a) bis 3c) zeigen die Ertaubungsdauer der vorliegenden Patientenpopulation. Bei Abbildung 3a) handelt es sich um ein Balkendiagramm. Die y- Achse zeigt die Patientenanzahl, die x- Achse die Ertaubungsdauer in Jahren. Bei Abbildung 3b) wurde die Boxplotdarstellung der Ertaubungsdauer gewählt. Eingezeichnet sind der Median, die 25% und 75% Perzentile sowie Minimum und Maximum. Abbildung 3c) zeigt ein Kreisdiagramm. Es wurden zwei Gruppen gebildet. Bei dem schwarzen Anteil handelt es sich um die Patientengruppe mit einer Ertaubungsdauer von weniger als zehn Jahren, bei dem grauen Anteil um die Patientengruppe mit einer Ertaubungsdauer von zehn oder mehr als zehn Jahren. Für die Abbildungen 3a) b) c) gilt N = untersuchte Patientenanzahl; n = Patientenanzahl mit gleicher Merkmalsausprägung

2.2.4 Ertaubungsgrund

Der Ertaubungsgrund und die jeweiligen Häufigkeiten im untersuchten Patientenkollektiv (N = 55) sind in Abbildung 4 aufgeführt. Der mit Abstand häufigste Ertaubungsgrund ist der plötzliche Hörsturz, mit 20 Fällen (n = 20; 36 %). Zwölf Patienten und Patientinnen (n = 12; 22 %) weisen eine infektiös-entzündliche Ätiologie auf. Hierunter werden folgende Erkrankungen zusammengefasst:

- Otitis media
- Meningitis
- Mumps
- Labyrinthitis
- Cholesteatom
- Infektion in der Kindheit

Andere Ursachen sind Kopfverletzungen (n = 6; 11 %), einzelne Fälle von Taubheit nach Operationen (z.B. Saccotomie), Ohrfehlbildungen, Otosklerose, Morbus Menière, sowie progressiver Innenohrschwerhörigkeit (zusammen n = 11; 20 %). In sechs Fällen (n = 6; 11 %) ist die Ursache unbekannt.

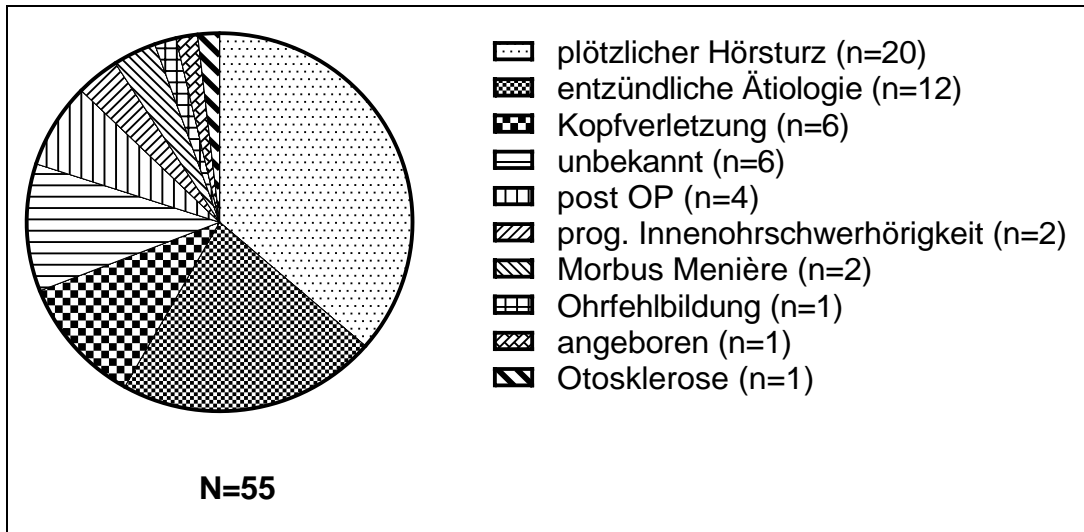


Abbildung 4. Ertaubungsursache. Das Kreisdiagramm zeigt die verschiedenen Ertaubungsursachen im untersuchten Patientenkollektiv. Unter der Kategorie „entzündliche Ätiologie“ wurden die Erkrankungen Otitis media, Labyrinthitis, Meningitis, Cholesteatom, Mumps, sowie eine Infektion in der Kindheit zusammengefasst. N = untersuchte Patientenzahl; n = Patientenzahl in der jeweiligen Kategorie. Modifiziert und übersetzt mit Nachdruckgenehmigung durch Springer Nature; *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology* (2019); *The impact of etiology and duration of deafness on speech perception outcomes in SSD patients.*; Kurz A, Grubenbecher M, Rak K, Hagen R, Kühn H. (2019)

2.2.5 Verwendete Cochlea Implantate

In der untersuchten Population wurde in den meisten Fällen ein Cochlea Implantat des Herstellers MED-EL (Österreich) implantiert. So erhielten 40 Patienten und Patientinnen ein Sonata CI, fünf ein Concerto und vier ein Synchrony CI. Das Nucleus® CI512 der Firma Cochlear™ (Australien) wurde in fünf Fällen implantiert und das HiRes™ Ultra Cochlea-Implantat von Advanced Bionics (USA) in einem Fall. Die Bewertung der Leistungen in den Sprachverständlichkeitstests in der vorliegenden Arbeit erfolgte unabhängig vom verwendeten Cochlea Implantat.

2.3 Sprachverständlichkeitstests

Bei den Nachsorgeterminen nach Cochlea Implantation wurde die Sprachverständlichkeit anhand verschiedener Sprachverständlichkeitstests getestet. Das Nachsorgeprogramm der Klinik sieht regelmäßige Sprachverständlichkeitstests in Abständen von 1, 3, 6 und 12 Monaten nach der

ersten Aktivierung vor, gefolgt von einem regelmäßigen jährlichen Kontrolltermin. Zur Testbatterie gehörten die Freiburger Zahlen bei 65 dB SPL, die Freiburger Einsilber bei 65 dB SPL und 80 dB SPL sowie der HSM-Satztest bei 65 dB SPL in Ruhe. Das Nachsorgeprogramm der Klinik sah vor, dass zuerst mit dem Freiburger Zahlentest bei 65 dB SPL begonnen wurde. Lag das erzielte Ergebnis unter 50 % wurden die anderen Sprachverständlichkeitstests zu diesem Zeitpunkt noch nicht durchgeführt. Lag es darüber, wurden die Freiburger Einsilber bei 65 dB SPL, 80 dB SPL und teilweise der HSM-Satztest bei 65 dB SPL durchgeführt. Sobald bei den Freiburger Zahlen 100 % erreicht wurde, wäre eine weitere Hörverbesserung mit diesem Test nicht mehr messbar. Man spricht in diesem Zusammenhang von einem „Ceiling Effekt“. Das heißt die Testschwierigkeit ist nach oben hin gedeckelt. Der Test ist für den Patienten oder die Patientin zu „leicht“ geworden. Mit Erreichen der 100 % bei den Freiburger Zahlen, wurde dieser Test sodann nicht mehr durchgeführt. In allen Testdurchgängen wurde die Sprache von vorne präsentiert und das kontralaterale Ohr vertäubt. Dies geschah entweder mittels Stöpsel und Schallschutzhörer oder durch Einsteckhörer oder tragbarem Audiometer.

2.4 Auswertung der Daten und statistische Analyse

Die Datenerhebung erfolgte an PCs der Klinik für Hals- Nasen- Ohrenheilkunde der Universität Würzburg. Zur Auswertung wurden ausschließlich die vorhandenen, routinemäßig im Rahmen der postoperativen Nachsorge erhobenen, klinikinternen Untersuchungsbefunde herangezogen.

Die statistische Analyse des Datensatzes sowie die Erstellung der zugehörigen Graphen erfolgte durch den Autor dieser Arbeit mit dem Programm GraphPad Prism 7.0 (GraphPad Software, San Diego, CA 92108, US). Die Regressionsanalyse wurde vom Autor mit Stata Version 14.1 (StataCorp LLC, US) durchgeführt. Das Signifikanzniveau wurde auf * $p = 0,05$ und ** $p = 0,01$ festgesetzt.

2.4.1 Variable Hörerfahrung

2.4.1.1 Entwicklung der Hörleistung nach Cochlea Implantation

Die Entwicklung der Hörleistung nach Cochlea Implantation wurde folgenderweise dargestellt. Die verfügbaren Messdaten wurden auf die jeweiligen Untersuchungszeiträume aufgeteilt. Da in den Messzeiträumen teilweise Mehrfachmessungen vorlagen, wurde für jeden Patientenfall das jeweils beste Ergebnis pro Untersuchungszeitraum im jeweiligen Sprachverständlichkeitstest zur Analyse herangezogen. Graphisch wurde der Median der Sprachverständlichkeit in Prozent, sowie der Interquartilsabstand der im jeweiligen Untersuchungszeitraum getesteten Patienten und Patientinnen dargestellt.

2.4.1.2 Höhe und Zeitpunkt des individuell besten Ergebnisses

Es wurde sowohl der Zeitpunkt als auch die Höhe des jeweils besten Messergebnisses für jeden Patientenfall, unabhängig vom Messzeitraum in den jeweiligen Sprachverständlichkeitstests gegen eine Zeitachse, die die Monate nach Implantation abbildet, aufgetragen.

2.4.2 Variable Ertaubungsdauer

Der Einfluss der Ertaubungsdauer wurde mit verschiedenen statistischen Verfahren getestet. Dabei wurde für jeden Patientenfall jeweils das beste im jeweiligen Sprachverständlichkeitstest erreichte Messergebnis zur Analyse herangezogen. In einem ersten Schritt wurde der Datensatz zu jedem Sprachverständlichkeitstest mit dem Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung getestet. Waren die Daten nicht normalverteilt wurden nicht-parametrische Tests durchgeführt.

2.4.2.1 Korrelation

In der Korrelationsanalyse wurde untersucht, ob die Sprachverständlichkeit mit der jeweiligen Ertaubungsdauer in Jahren korreliert. Statistisch wurde mit der Spearmankorrelation getestet. Die Testrichtung erfolgte dabei zweiseitig.

2.4.2.2 Performanceklassen

In einer weiteren Untersuchung wurde daraufhin die Patientenkohorte in drei Performanceklassen hinsichtlich ihrer Ergebnisse in den Sprachverständlichkeitstests aufgeteilt. Die Aufteilung erfolgte nach der Sprachverständlichkeit in Prozent in die Gruppen 0 - 29 %, 30 - 60 % und 61 - 100 %. Die Ertaubungsdauer in Jahren wurde dann für die drei Performanceklassen als Boxplot mit Median Interquartilsabstand sowie Minimum und Maximum dargestellt. Die statistische Analyse erfolgte mit dem Kruskal-Wallis-Test. Wurde hier ein signifikanter Unterschied festgestellt erfolgte als Post-hoc Test der Dunn´s multiple comparisons Test.

2.4.2.3 Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer ≥ 10 Jahre

Die Aufteilung der Patientenkohorte erfolgte hinsichtlich ihrer Ertaubungsdauer in zwei Gruppen. Die eine Gruppe umfasste diejenigen mit weniger als 10 Jahren Ertaubungsdauer, die andere Gruppe diejenigen mit 10 oder mehr als 10 Jahren Ertaubungsdauer. Die Sprachverständlichkeit in Prozent wurde je Gruppe als Boxplot mit Median, Interquartilsabstand, Minimum und Maximum dargestellt. Zum statistischen Vergleich wurde der Mann-Whitney-Test angewandt. Die Testrichtung erfolgte auch hier zweiseitig.

2.4.2.4 Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer ≥ 10 Jahre ohne prälingual und perilingual Ertaubte

Von den 55 Patienten und Patientinnen der Gesamtpopulation sind sechs prä- (0 - 2 Jahre) bzw. perilingual (2 - 4 Jahre) ertaubt (Knight et al. 2016). Diese sind aufgrund Ihrer frühen Ertaubung Teil der Gruppe der Langzeitertaubten. Die Gruppe mit einer Ertaubungsdauer über zehn Jahre besteht damit aus 22 Patienten und Patientinnen. Die prä- und perilingual Ertaubten machen demnach in dieser Gruppe 27 % der Patienten und Patientinnen aus. Daher soll hier der Frage nachgegangen werden, ob in der untersuchten Patientenpopulation die schlechteren Ergebnisse in den Sprachverständlichkeitstests bei den denjenigen mit einer Ertaubungsdauer über zehn Jahren nicht eigentlich auf die in dieser

Gruppe ebenso vertretenden Patienten und Patientinnen, die prä- und perilingual ertaubt waren, zurückzuführen ist.

Die Aufteilung in über und unter zehnjährige Ertaubungsdauer wurde separat auch für den Datensatz unter Ausschluss der prä- und perilingual ertaubten durchgeführt. Zum statistischen Vergleich wurde wieder der Mann-Whitney-Test angewandt. Die Testrichtung erfolgte zweiseitig.

2.4.3 Variable Ätiologie in Kombination mit der Ertaubungsdauer

Um den Einfluss der Kombination aus Ätiologie und Ertaubungsdauer zu untersuchen, wurde die Patientenkohorte wieder in Gruppen aufgeteilt. Es wurden dabei folgende Gruppen unterschieden:

A = entzündliche Ätiologie und weniger als zehn Jahre Ertaubungsdauer

B = entzündliche Ätiologie und zehn oder mehr als zehn Jahre Ertaubungsdauer

C = andere Ursache und weniger als zehn Jahre Ertaubungsdauer

D = andere Ursache und zehn oder mehr als zehn Jahre Ertaubungsdauer

Unter einer entzündlichen Ätiologie wurden folgende Erkrankungen zusammengefasst:

- Otitis media
- Meningitis
- Mumps
- Labyrinthitis
- Cholesteatom
- Infektion in der Kindheit

Die Sprachverständlichkeit in Prozent wurde je Gruppe als Boxplot mit Median, Interquartilsabstand, Minimum und Maximum dargestellt. Die statistische Analyse erfolgte mit dem Kruskal-Wallis-Test. Bei einem signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen, wurde als Post-hoc-Test der Dunn's multiple comparisons Test durchgeführt. Die Ergebnisse aus diesem Teil der Arbeit wurden bereits veröffentlicht unter: Kurz et al. (2019).

2.4.4 Multiple lineare Regression

Um den Einfluss der verschiedenen unabhängigen Variablen (Einflussfaktoren) auf die Ergebnisse in den Sprachverständlichkeitstests in einem statistischen Testverfahren gleichzeitig zu testen, wurde zu jedem Sprachverständlichkeitstest

eine multiple lineare Regression durchgeführt. Die abhängige Variable sind die erzielten Ergebnisse in Prozent im jeweiligen Sprachverständlichkeitstest. Den oben beschriebenen nichtparametrischen Testverfahren entsprechend, wurden als unabhängige Variablen die Hörfahrung, die Ertaubungsdauer und die Ätiologie des Hörverlustes ausgewählt. In den nichtparametrischen Tests wurde in der Kategorie Hörfahrung das besterzielte Ergebnis jedes Patientenfalles zum jeweiligen Untersuchungszeitraum für den statistischen Test herangezogen. In den Kategorien Ertaubungsdauer und Ätiologie das maximal erreichte Ergebnis überhaupt, ohne Berücksichtigung der Hörfahrung. In die Regression dagegen sind alle gemessenen Werte eingeflossen und wurden nach Patientenfällen geclustert. Die Ergebnisse aus diesem Teil der Arbeit wurden bereits veröffentlicht unter: Kurz et al. (2019).

2.4.4.1 Variable Hörfahrung

Die Variable „Hörfahrung“ wurde in der Regression in Monate nach Implantation kategorisiert.

2.4.4.2 Variable Ertaubungsdauer

Bei der Variablen „Ertaubungsdauer“ wurden die Patienten, wie in den nichtparametrischen Tests auch, in eine Ertaubungsdauer von zehn und mehr als zehn Jahren sowie weniger als zehn Jahren Ertaubungsdauer kategorisiert.

2.4.4.3 Variable Ätiologie

Die Variable „Ätiologie“ wurde zum einen als Variable einer entzündlichen Ätiologie (Vergleich nichtparametrische Tests: Otitis media, Cholesteatom etc.) sowie in der Spezifikation einer entzündlichen Ätiologie in Kombination mit einer Ertaubungsdauer von zehn oder mehr Jahren, ausgewählt.

3 Ergebnisse

3.1 Einfluss der Hörerfahrung auf die Sprachverständlichkeit

Im Folgenden wird der Einfluss der Hörerfahrung auf die Sprachverständlichkeit nach Cochlea Implantation genauer untersucht. Teilergebnisse, sowie Modifikationen der Abbildungen in diesem Kapitel wurden bereits veröffentlicht unter: Kurz et al. (2019).

3.1.1 Entwicklung der Sprachverständlichkeit nach Cochlea Implantation - Darstellung des individuell besten Messergebnisses im jeweiligen Untersuchungszeitraum

3.1.1.1 Freiburger Zahlen 65 dB SPL

Der Freiburger Zahlentest bei 65 dB SPL wurde bei einer Patientenkohorte von 53 Personen durchgeführt ($N_{\text{ges.FZ65 dB SPL}} = 53$). Die Gesamtanzahl der besten je Patientenfall und Zeiteinheit ermittelten Messergebnisse beträgt 117 ($n_{\text{ges.FZ65 dB SPL}} = 117$). Auf das erste Jahr nach Implantation entfallen 80 % der Messergebnisse. In den ersten drei Monaten nach Implantation wurden 41 Patienten und Patientinnen getestet, im Messzeitraum bis zu einem halben Jahr 28 und im nächsten Zeitraum bis zu einem Jahr 25 Patienten und Patientinnen. Danach fällt die Anzahl der Getesteten stärker ab. Im zweiten Jahr wurden 7 und im dritten und vierten Jahr jeweils 8 Patienten und Patientinnen getestet.

In Abbildung 5 sind auf der x-Achse die Messintervalle als Jahre nach Implantation aufgetragen. Die y-Achse zeigt die Sprachverständlichkeit in Prozent. Die Kurve mit den kreisförmig dargestellten Datenpunkten zeigt den Median der jeweils besten Ergebnisse im Freiburger Zahlentest bei 65 dB SPL zu den jeweiligen Untersuchungszeiträumen. Ebenso ist der Interquartilsabstand mit unterem und oberem Quartil eingezeichnet. Bei der Messung in den ersten drei Monaten beträgt der Median bereits 75 % (Interquartilsabstand: engl. Interquartile Range (IQR) = 72,5 %). Im nächsten Testzeitraum bis zu einem halben Jahr beträgt der Median erneut 75 % (IQR = 74,37 %). Danach folgt ein

Anstieg, sodass der Median für den folgenden Zeitraum bis zu einem Jahr 90 % (IQR = 22,5 %) beträgt. Danach ist der Kurvenverlauf uneinheitlich. Zuerst steigt sie im zweiten Jahr weiter auf einen Median von 100 % (IQR = 70 %) im dritten Jahr fällt die Kurve auf einen Median von 75 % (IQR = 25 %). Dann folgt wieder ein Anstieg im vierten Jahr auf einen Median von 92,5 % (IQR = 56,25 %).

Die Beurteilung der Daten ab dem zweiten Jahr nach Implantation müssen vor dem Hintergrund der oben beschriebenen begrenzten Anzahl verfügbarer Daten ab diesem Zeitpunkt betrachtet werden. Der Freiburger Zahlentest wurde bei Patienten und Patientinnen, die Ihr Maximum in diesem Test erreicht hatten, nicht mehr angewendet und stattdessen durch die schwierigeren Einsilbertests ersetzt.

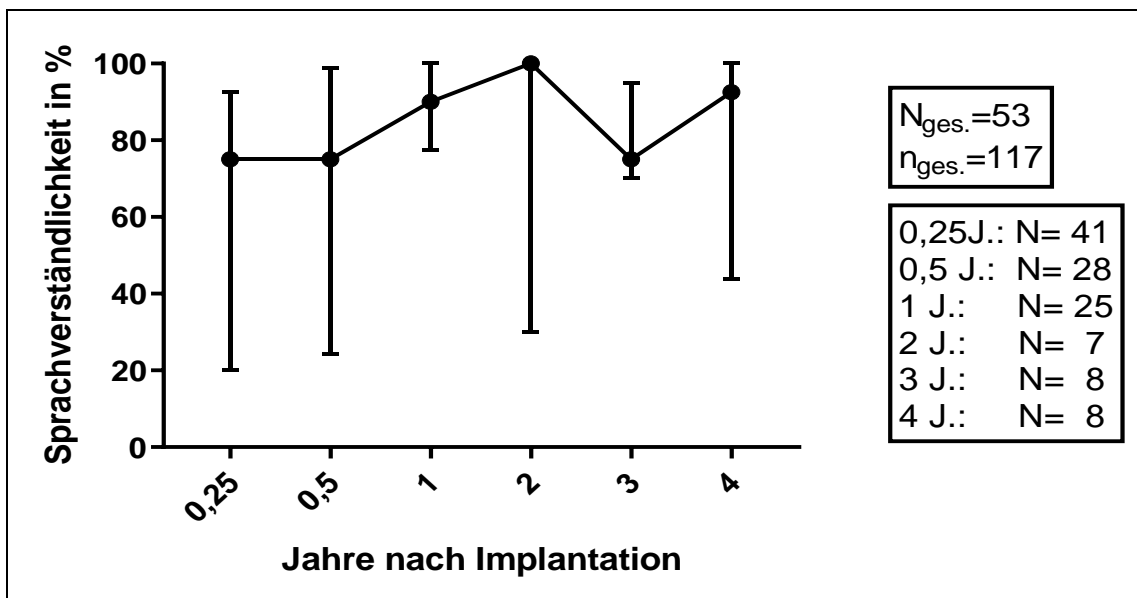


Abbildung 5. Median der Sprachverständlichkeit in den Jahren nach Cochlea Implantation bei den Freiburger Zahlen bei 65 dB SPL. Darstellung der besten je Patient im jeweiligen Untersuchungszeitraum erzielten Werte, im Freiburger Zahlentest bei 65 dB SPL. Die x-Achse gibt die Messintervalle als „Jahre nach Implantation“ an, die Y-Achse die Sprachverständlichkeit in Prozent. Der Graph mit den kreisförmigen Symbolen zeigt jeweils den Median der besterzieltesten Werte zum Untersuchungszeitraum aller getesteten Patienten und Patientinnen an. Ebenso ist der Interquartilsabstand (IQR) zu jedem Messintervall dargestellt. $N_{ges.}$ = getestete Patientenanzahl; $n_{ges.}$ = Anzahl aller Messereignisse; N = getestete Patientenanzahl zum jeweiligen Messzeitpunkt. Modifiziert und übersetzt mit Nachdruckgenehmigung durch Springer Nature; European Archives of Oto-Rhino-Laryngology (2019); The impact of etiology and duration of deafness on speech perception outcomes in SSD patients.; Kurz A, Grubenbecher M, Rak K, Hagen R, Kühn H. (2019)

3.1.1.2 Freiburger Einsilber 65 dB SPL

Der Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL wurde insgesamt bei einer Patientenkohorte von 49 Personen durchgeführt ($N_{\text{ges.FE65 dB SPL}} = 49$). Die Gesamtanzahl der besten je Patientenfall und Zeiteinheit ermittelten Messergebnisse beträgt 164 ($n_{\text{ges.FE65 dB SPL}} = 164$). Die Untersuchungszeiträume wurden auf drei Monate, sechs Monate, einem Jahr, zwei Jahre, drei Jahre, vier Jahre und sechs Jahre festgelegt. Die Anzahl der getesteten Patienten und Patientinnen steigt in den ersten zwei Jahren von 25 in den ersten drei Monaten über 26 im Messzeitraum bis zu einem halben Jahr, auf 32 nach einem Jahr und 33 nach zwei Jahren. Danach fallen sie wieder auf 24 nach drei Jahren, 14 nach vier Jahren und 10 im fünften und sechsten Jahr zusammen.

In Abbildung 6 sind auf der x-Achse die Messintervalle als Jahre nach Implantation aufgetragen. Die y-Achse zeigt die Sprachverständlichkeit in Prozent. Die Kurve mit den kreisförmig dargestellten Datenpunkten zeigt den Median der jeweils besten Ergebnisse im Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL zu den jeweiligen Untersuchungszeiträumen. Ebenso ist der Interquartilsabstand mit unterem und oberem Quartil eingezeichnet. Im Zeitraum bis zu drei Monaten nach Implantation liegt der Median bei 25 % (IQR = 31,25 %). Bei den Messungen, die zwischen drei Monaten und einem halben Jahr stattfanden, steigt der Median auf 36,25 % (IQR = 37,5 %). Im nächsten Untersuchungszeitraum bis zu 12 Monaten nach Implantation steigt der Median weiter auf 43,75 % (IQR = 29,38 %). In der Zeit bis zwei Jahre nach Implantation fällt der Median auf 30 % (IQR = 33,75 %). Zwischen zwei und drei Jahren nach Implantation fällt der Median weiter auf 25 % (IQR = 55,26 %). Im vierten Jahr nach Implantation steigt der Median stark an auf 43,75 % (IQR = 50 %). Hier muss allerdings die deutliche Abnahme der verfügbaren Messwerte berücksichtigt werden. Das fünfte und sechste Jahr nach Implantation zusammengefasst, liegt der Median hier bei 28,75 % (IQR = 60,63 %).

Insgesamt ist der Interquartilsabstand in den ersten beiden Jahren geringer als in den Folgejahren. In dem Zeitraum zwischen einem halben und einem Jahr nach Implantation liegt neben dem geringsten Interquartilsabstand auch der höchste Median sowie der höchste Mittelwert vor.

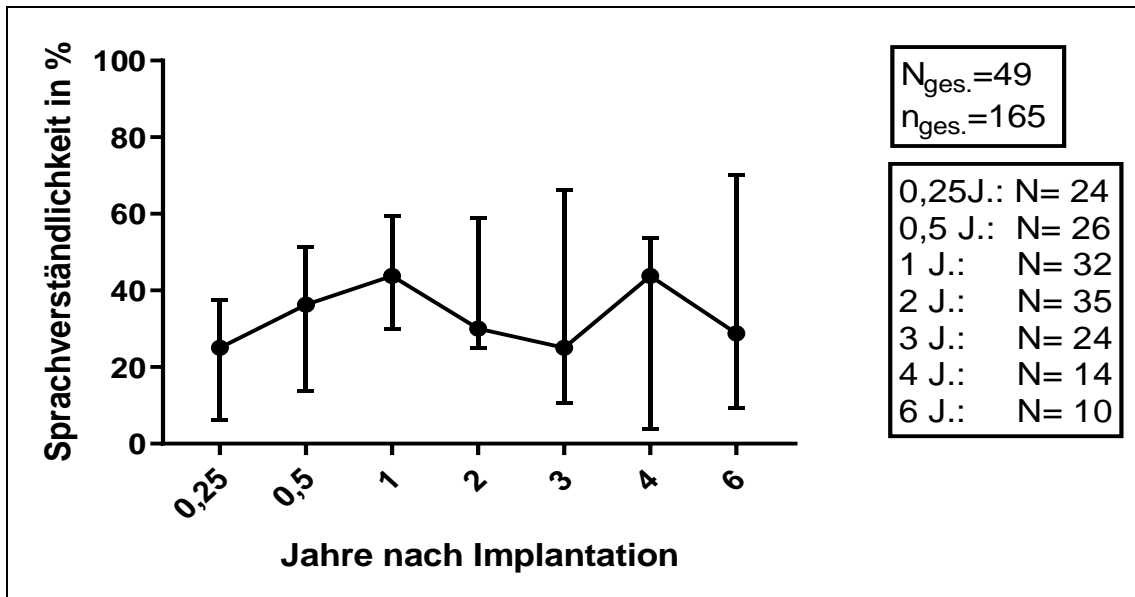


Abbildung 6. Median der Sprachverständlichkeit in den Jahren nach Cochlea Implantation bei den Freiburger Einsilbern bei 65 dB SPL. Darstellung der besten je Patient im jeweiligen Untersuchungszeitraum erzielten Werte, im Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL. Die x-Achse gibt die Messintervalle als „Jahre nach Implantation“ an, die Y-Achse die Sprachverständlichkeit in Prozent. Der Graph mit den kreisförmigen Symbolen zeigt jeweils den Median der besterzieltesten Werte zum Untersuchungszeitraum aller getesteten Patienten und Patientinnen an. Ebenso ist der Interquartilsabstand (IQR) zu jedem Messintervall dargestellt. $N_{ges.}$ = getestete Patientenanzahl; $n_{ges.}$ = Anzahl aller Messereignisse; N = getestete Patientenanzahl zum jeweiligen Messzeitpunkt. Modifiziert und übersetzt mit Nachdruckgenehmigung durch Springer Nature; European Archives of Oto-Rhino-Laryngology (2019); The impact of etiology and duration of deafness on speech perception outcomes in SSD patients.; Kurz A, Grubenbecher M, Rak K, Hagen R, Kühn H. (2019)

3.1.1.3 Freiburger Einsilber 80 dB SPL

Der Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL wurde insgesamt bei einer Patientenkohorte von 47 Personen durchgeführt ($N_{ges.FE80\text{ dB SPL}} = 47$). Die Gesamtanzahl der besten je Patientenfall und Zeiteinheit erreichten Messergebnisse beträgt 86 ($n_{ges.FE80\text{ dB SPL}} = 86$). Die Untersuchungszeiträume wurden auf drei Monate, sechs Monate, ein Jahr, zwei Jahre drei Jahre, vier Jahre und sechs Jahre festgelegt. Mit 18 Testergebnissen liegen für das zweite Jahr nach Implantation die meisten Ergebnisse vor. Innerhalb der ersten beiden Jahre nach Implantation steigt die Anzahl der untersuchten Patienten und Patientinnen von jeweils zehn nach drei Monaten und einem halben Jahr, über 14 nach einem Jahr, auf 18 im zweiten Jahr an. Im dritten Jahr wurden 15, im vierten Jahr neun und im fünften und sechsten Jahr zusammen zehn Patienten und Patientinnen getestet.

Die Kurve mit den kreisförmigen Symbolen in Abbildung 7 zeigt den Median der jeweils maximal erreichten Ergebnisse im Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL zu den jeweiligen Untersuchungszeiträumen. Man kann einen deutlichen Anstieg im ersten Jahr beobachten. Danach hält sich bis zum dritten Jahr nach Implantation ein Plateau. Im vierten Jahr sinkt die Kurve wieder stark und steigt für den Zeitraum des fünften und sechsten Jahres wieder an. Der Median im ersten Messzeitraum bis zu drei Monaten liegt bei 43,75 % (IQR = 31,25 %). Danach steigt die Kurve an und der Median für den Messzeitraum bis zu einem halben Jahr liegt bei 50 % (IQR = 53,13 %). Ein weiterer Anstieg findet für den Zeitraum bis zu einem Jahr statt. Hier liegt der Median bei 67,5 % (IQR = 25,63 %). In der Plateauphase im zweiten und dritten Jahr nach Implantation liegt der Median bei 62,5 % (2. Jahr IQR = 28,75 %; 3. Jahr IQR = 37,5 %). Im vierten Jahr fällt die Kurve. Der Median liegt hier bei 40 % (IQR = 73,75 %). Für das fünfte und sechste Jahr zusammen steigt die Kurve wieder auf einen Median von 61,25 % (IQR = 58,12 %).

Der auch in Abbildung 7 dargestellte Interquartilsabstand zeigt, dass die Streuung der Ergebnisse in den ersten drei Jahren nach Implantation deutlich geringer ist als für die Zeiträume des viertes, fünftes und sechstes Jahr. Gleichzeitig sinkt für die letztgenannten auch die Anzahl der zur Verfügung stehenden Daten. Betrachtet man vor diesem Hintergrund nur die ersten drei Jahre nach Implantation, so zeigt sich eine Verbesserung der Sprachverständlichkeit im ersten Jahr, gefolgt von einer Plateauphase.

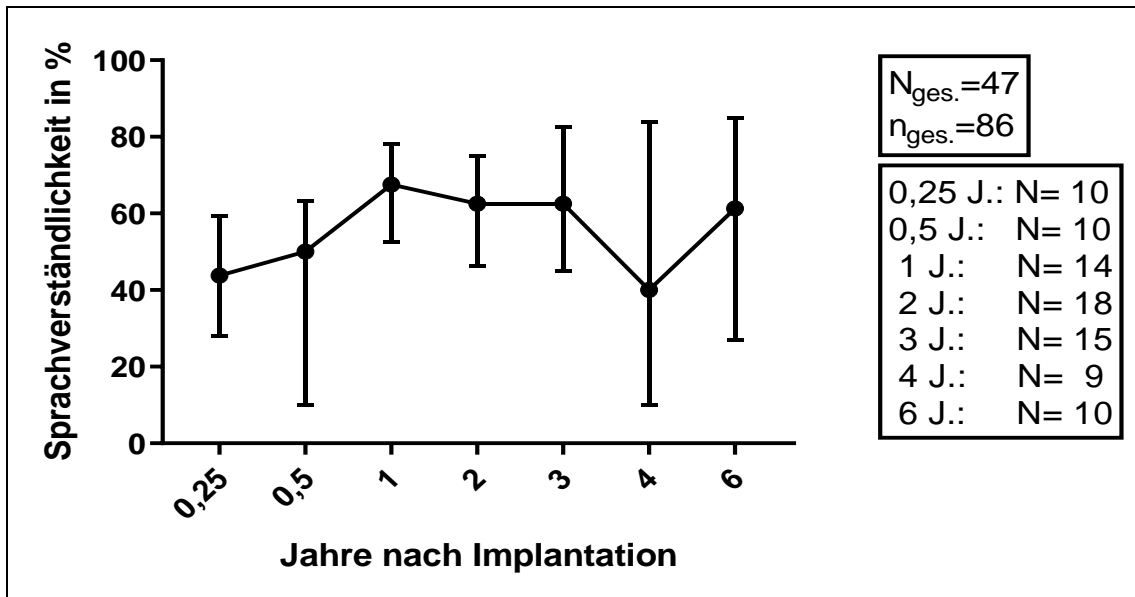


Abbildung 7. Median der Sprachverständlichkeit in den Jahren nach Cochlea Implantation bei den Freiburger Einsilbern bei 80 dB SPL. Darstellung der besten je Patient im jeweiligen Untersuchungszeitraum erzielten Werte, im Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL. Die x-Achse gibt die Messintervalle als „Jahre nach Implantation“ an, die Y-Achse die Sprachverständlichkeit in Prozent. Der Graph mit den kreisförmigen Symbolen zeigt jeweils den Median der besterzieltesten Werte zum Untersuchungszeitraum aller getesteten Patienten und Patientinnen an. Ebenso ist der Interquartilsabstand (IQR) zu jedem Messintervall dargestellt. $N_{ges.}$ = Anzahl der getesteten Patienten und Patientinnen; $n_{ges.}$ = Anzahl aller Messereignisse; N = getestete Patientenanzahl zum jeweiligen Messzeitpunkt. Modifiziert und übersetzt mit Nachdruckgenehmigung durch Springer Nature; European Archives of Oto-Rhino-Laryngology (2019); The impact of etiology and duration of deafness on speech perception outcomes in SSD patients.; Kurz A, Grubenbecher M, Rak K, Hagen R, Kühn H. (2019)

3.1.1.4 HSM-Satztest 65 dB SPL ohne Störschall

Der HSM-Satztest bei 65 dB SPL und ohne Störgeräusch, also in Ruhe, wurde bei 31 Patienten und Patientinnen durchgeführt ($N_{ges.HSMRuhe} = 31$). Die Gesamtanzahl der besten je Patientenfall und Zeiteinheit erreichten Messergebnisse beträgt 56 ($n_{ges.HSMRuhe} = 56$). Die Untersuchungszeiträume wurden auf drei Monate, sechs Monate, ein Jahr, zwei Jahre, drei Jahre, sowie fünf Jahre festgelegt. Die meisten Untersuchungen mit dem HSM-Satztest fanden zwischen einem halben Jahr und zwei Jahren statt. Insgesamt wurde der HSM-Satztest jedoch deutlich seltener angewendet als die Freiburger Sprachverständlichkeitstests. In den ersten drei Monaten nach Implantation wurden 12 Patienten und Patientinnen getestet, nach einem halben Jahr 7, nach einem sowie zwei Jahren jeweils 14, nach drei Jahren 6 und für die Jahre vier bis fünf zusammen 3 Patienten und Patientinnen.

Die Kurve mit den kreisförmigen Symbolen in Abbildung 8 zeigt den Median der Ergebnisse im HSM-Satztest bei 65 dB SPL zu den jeweiligen Untersuchungszeiträumen. Die Kurve steigt im ersten halben Jahr nach Implantation stark an und erreicht dann ein Plateau. So liegt für den Zeitraum bis zu drei Monaten nach Implantation der Median bei 51,85 % (IQR = 44,5 %). Danach steigt die Kurve stark an. Bei den Messungen zwischen drei Monaten und einem halben Jahr steigt der Median auf 82 % (IQR = 47 %). Zwischen sechs Monaten und zwölf Monaten liegt der Median bei 80 % (IQR = 62,95 %) und im zweiten Jahr nach Implantation bei 84,5 % (IQR = 45,95 %). Danach sinkt die Kurve leicht im dritten Jahr auf einen Median von 74,5 % (IQR = 54,9 %). Das vierte und fünfte Jahr nach Implantation zusammengefasst, liegt der Median hier bei 100 % (IQR = 9 %).

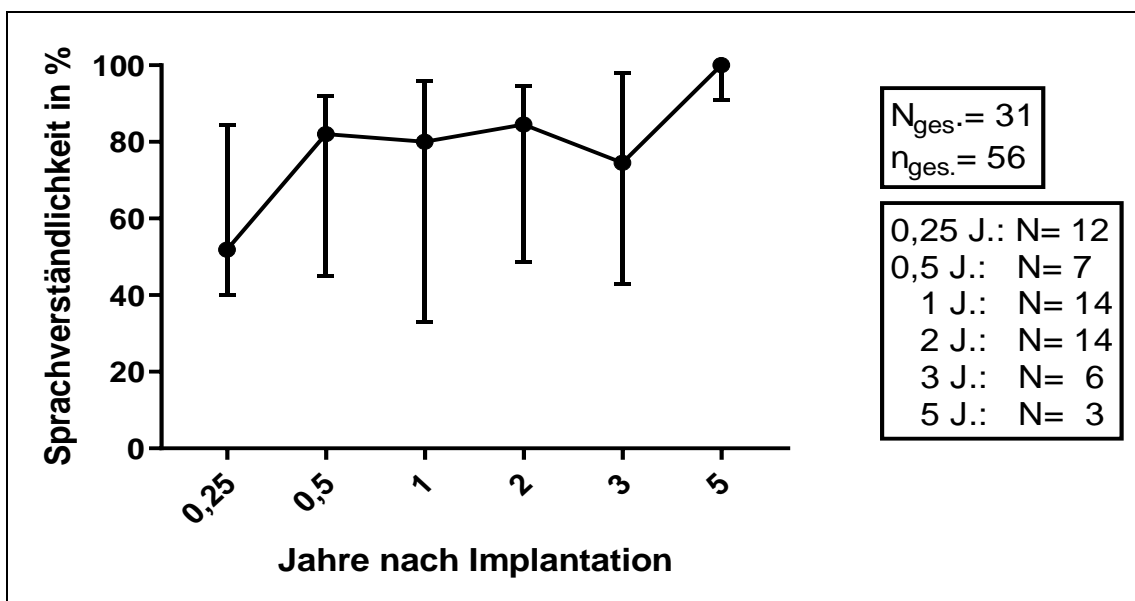


Abbildung 8. Median der Sprachverständlichkeit in den Jahren nach Cochlea Implantation beim HSM-Satztest bei 65 dB SPL. Darstellung der besten je Patient im jeweiligen Untersuchungszeitraum erzielten Werte, im HSM-Satztest bei 65 dB SPL ohne Störschall. Die x-Achse gibt die Messintervalle als „Jahre nach Implantation“ an, die Y-Achse die Sprachverständlichkeit in Prozent. Der Graph mit den kreisförmigen Symbolen zeigt jeweils den Median der besterzieltesten Werte zum Untersuchungszeitraum aller getesteten Patienten und Patientinnen an. Ebenso ist der Interquartilsabstand (IQR) zu jedem Messintervall dargestellt. $N_{\text{ges.}}$ = getestete Patientenanzahl; $n_{\text{ges.}}$ = Anzahl aller Messereignisse; N = getestete Patientenanzahl zum jeweiligen Messzeitpunkt. Modifiziert und übersetzt mit Nachdruckgenehmigung durch Springer Nature; European Archives of Oto-Rhino-Laryngology (2019); The impact of etiology and duration of deafness on speech perception outcomes in SSD patients.; Kurz A, Grubenbecher M, Rak K, Hagen R, Kühn H. (2019)

3.1.2 Höhe und Zeitpunkt des individuell besten Ergebnisses

Um darzustellen, wann mit einer Verbesserung des Hörvermögens durch die Hörfahrung zu rechnen ist, wurde in den folgenden Darstellungen für jeden Patientenfall jeweils der höchste erzielte Wert in den jeweiligen Sprachverständlichkeitstests gegen eine Zeitachse, die die Monate nach Implantation abbildet, aufgetragen.

In Abbildung 9a) sind die Ergebnisse bei dem Freiburger Zahlentest bei 65 dB SPL dargestellt. Der Großteil (74 %) erreicht das individuell höchste Ergebnis bereits in den ersten zwölf Monaten. Insgesamt erreichen 60 % der Getesteten im Freiburger Zahlentest einen Wert von über 90 % korrekt wiedergegebener Zahlen.

In Abbildung 9b) sind die Ergebnisse im Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL dargestellt. Das individuell höchste Ergebnis erreichen die Patienten und Patientinnen hier im Schnitt erst später als bei dem Freiburger Zahlentest. Innerhalb der ersten zwei Jahre erreicht hier der Großteil der Getesteten (76 %) sein bestes Ergebnis. 55 % der Patienten und Patientinnen erreichen einen Wert von über 50 % korrekt wiedergegebener Worte im Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL.

Abbildung 9c) zeigt die Ergebnisse im Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL. In den ersten zwei Jahren nach Implantation erreichen 53 % der Getesteten ihr bestes Ergebnis. Einen Wert über 50 % korrekt wiedergegebener Worte im Einsilbertest bei 80 dB SPL erreichen 72 % der Patienten und Patientinnen.

Abbildung 9d) zeigt die Ergebnisse im HSM-Satztest ohne Störschall bei 65 dB SPL. Der Großteil (81 %) der Patienten und Patientinnen erreicht innerhalb der ersten 2 Jahre das höchste Ergebnis. Insgesamt erreichten 65 % der Getesteten einen Wert über 50 % korrekt wiedergegebener Sätze im HSM-Satztest bei 65 dB SPL ohne Störschall.

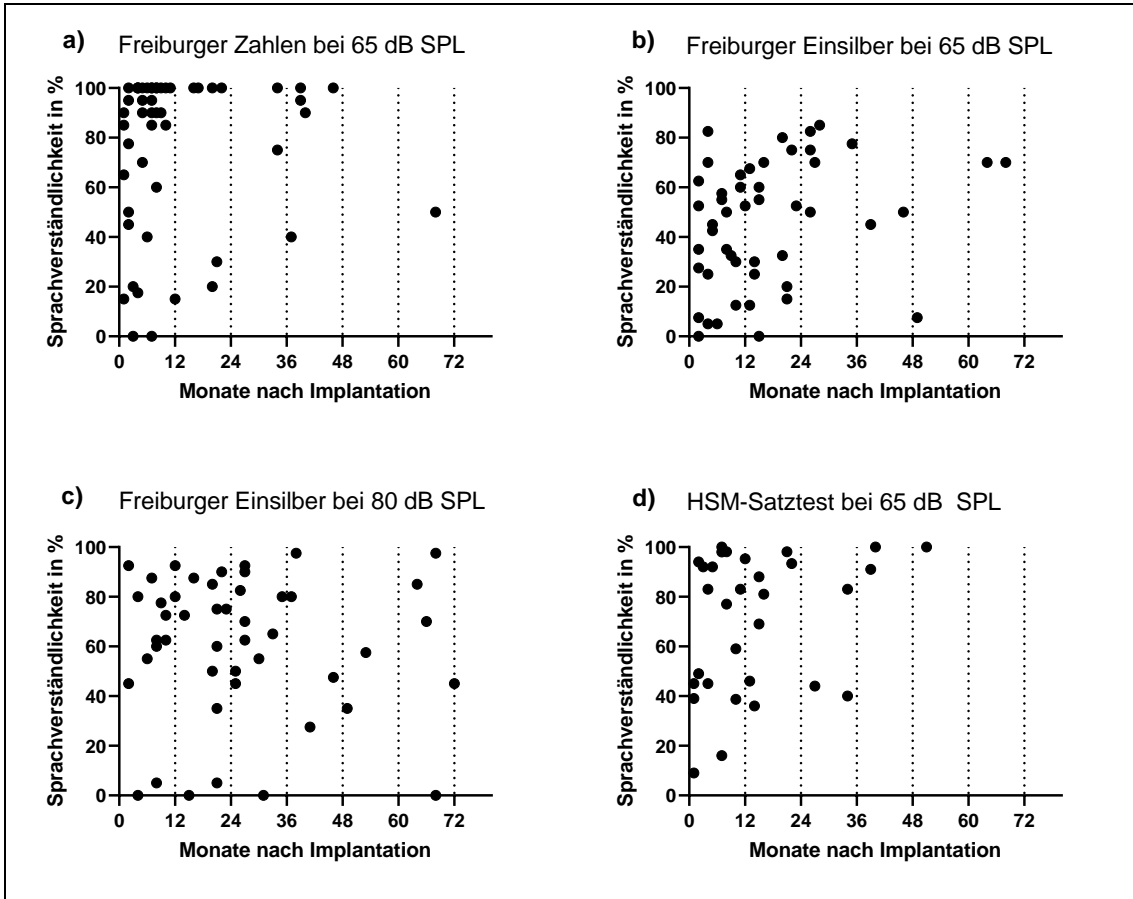


Abbildung 9. Wert und Zeitpunkt des besten Ergebnisses in den Sprachverständlichkeitstests. a) Freiburger Zahlentest bei 65 dB SPL. Alle Abbildungen zeigen sowohl den Wert, als auch den Zeitpunkt des maximal erreichten Ergebnisses der getesteten Patienten und Patientinnen in den jeweiligen Sprachtests. Die x-Achse gibt den Zeitpunkt als „Monate nach Implantation“ an, die y-Achse die Sprachverständlichkeit in Prozent. Unter a) sind die Ergebnisse der Freiburger Zahlen bei 65 dB SPL, unter b) die Ergebnisse der Freiburger Einsilber bei 65 dB SPL, unter c) die Ergebnisse der Freiburger Einsilber bei 80 dB SPL und unter d) die Ergebnisse im HSM-Satztest bei 65 dB SPL ohne Störschall dargestellt. Modifiziert und übersetzt mit Nachdruckgenehmigung durch Springer Nature; *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology* (2019); *The impact of etiology and duration of deafness on speech perception outcomes in SSD patients.*; Kurz A, Grubenbecher M, Rak K, Hagen R, Kühn H. (2019)

3.2 Einfluss der Ertaubungsdauer auf die Sprachverständlichkeit

3.2.1 Freiburger Zahlentest bei 65 dB SPL

Der Freiburger Zahlentest bei 65 dB SPL wurde bei 53 Patienten und Patientinnen durchgeführt. Davon hatten 19 (36 %) eine Ertaubungsdauer von mehr als 10 Jahren. Die Daten waren gemäß Shapiro-Wilk-Test nicht

normalverteilt ($p = <0,0001$), deshalb wurden zur weiteren Analyse nichtparametrische Tests verwendet.

3.2.1.1 Korrelation

In Abbildung 10 wurde auf der x-Achse die Ertaubungsdauer in Jahren, und auf der y-Achse das je Patientenfall maximal erreichte Messergebnis bei dem Freiburger Zahlentest bei 65 dB SPL aufgetragen. Es zeigt sich hier eine leichte negative Korrelation. Die Spearman Korrelation ergibt einen r_s -Wert von $r_s = -0,276$ bei einem p-Wert (zweiseitig) von $p = 0,045$.

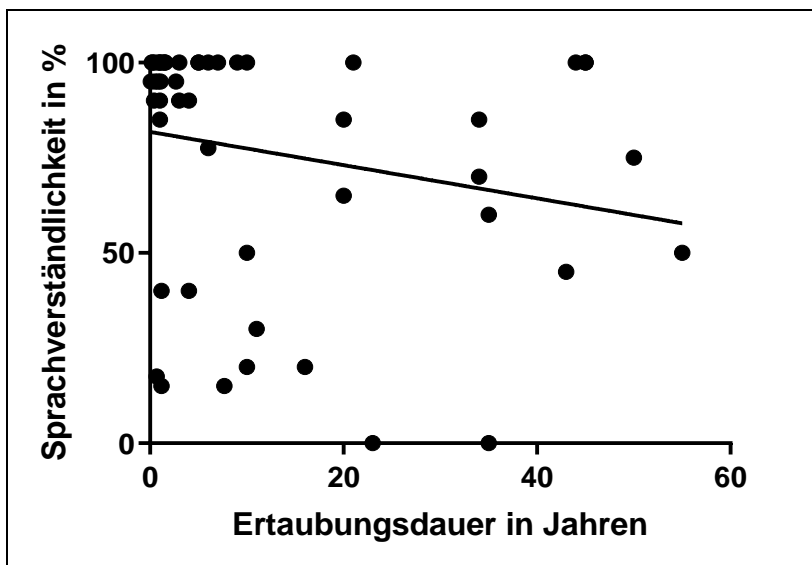


Abbildung 10. Korrelation der Ertaubungsdauer mit der Sprachverständlichkeit beim Freiburger Zahlentest bei 65 dB SPL. Streudiagramm der von den getesteten Patienten und Patientinnen ($N = 53$) maximal erreichten Ergebnisse im Freiburger Zahlentest bei 65 dB SPL und der jeweiligen Ertaubungsdauer. Die x-Achse zeigt die Ertaubungsdauer in Jahren an, die y-Achse die Anzahl der korrekt wiedergegebenen Zahlen im Freiburger Zahlentest in Prozent.

3.2.1.2 Performanceklassen

In Abbildung 11 wurde die Patientenkohorte in verschiedene Performanceklassen (nach der erreichten Prozentzahl in den Sprachverständlichkeitstests) aufgeteilt. In den Performanceklassen 0 - 29 % und 30 - 60 % ist die Streuung der Ertaubungsdauer recht groß. Die Performanceklasse 61 - 100 % weist die geringste Streuung auf. In dieser Klasse befinden sich 39 (74 %) aller Patienten und Patientinnen. Demzufolge erreichen fast dreiviertel aller Patienten und Patientinnen im Freiburger Zahlentest die

höchste Performanceklasse (61 - 100 %). Die statistische Analyse erfolgte mit dem Kruskal-Wallis-Test. Der Unterschied zwischen den Gruppen war nicht signifikant ($X^2 = 5,517$; $p = 0,063$).

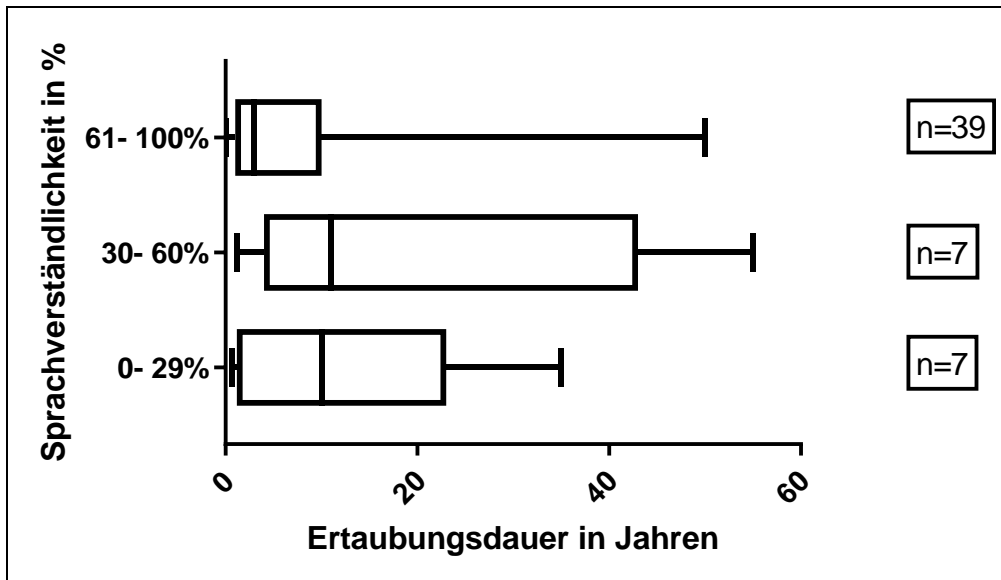


Abbildung 11. Performanceklassen nach Sprachverständlichkeit und jeweilige Ertaubungsdauer beim Freiburger Zahlentest bei 65 dB SPL. Aufteilung der Patientenkohorte nach Ihren Leistungen im Freiburger Zahlentest in die Gruppen (0-29 %, 30-60 % und 61-100 %; Prozentzahl = Erreichte Prozentzahl im Freiburger Zahlentest). Boxplotdarstellung der Ertaubungsdauer in den einzelnen Gruppen. Dargestellt sind der Median, die 25 % und 75 % Perzentile sowie Minimum und Maximum. $N = 53$

3.2.1.3 Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer \geq 10 Jahre

In den Abbildungen 12 a) und b) wurde die Patientenkohorte nach der Ertaubungsdauer aufgeteilt. Unterschieden wurde zwischen einer Ertaubungsdauer unter zehn Jahren (Gruppe A) und einer Ertaubungsdauer von zehn oder mehr als zehn Jahren (Gruppe B). Der Median in Gruppe A liegt bei 95 % mit einem sehr kleinen Interquartilsabstand von 10 %. In Gruppe B liegt der Median bei 65 % mit einem deutlich größeren Interquartilsabstand von 70 %. Zum statistischen Vergleich der zwei Gruppen wurde der Mann-Whitney-Test durchgeführt. Der Unterschied zwischen den beiden Gruppen war signifikant ($U = 189,5$; $p = 0,011$ (zweiseitig)).

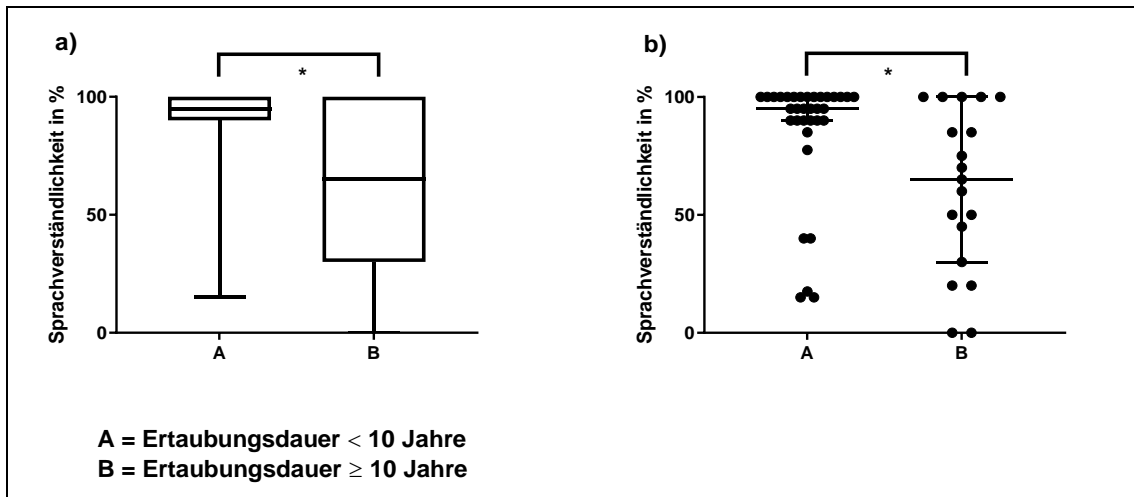


Abbildung 12. Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer ≥ 10 Jahre beim Freiburger Zahlentest bei 65 dB SPL. Aufteilung der Patientenkohorte in die Gruppen A = weniger als zehn Jahre Ertaubungsdauer ($n = 34$) und B = zehn oder mehr als zehnjährige Ertaubungsdauer ($n = 19$). Herangezogen wurde das maximal erreichte Ergebnis pro Patienten im Freiburger Zahlentest bei 65 dB SPL. Dargestellt sind der Median, die 25 % und 75 % Perzentile sowie Minimum und Maximum. * = $p < 0,05$; $N = 53$

3.2.2 Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL

Der Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL wurde im Rahmen der postoperativen Nachsorge bei 49 Patienten und Patientinnen durchgeführt. Davon wiesen 34 (69 %) von ihnen eine Ertaubungsdauer von weniger als 10 Jahren auf. Bei 15 Patienten und Patientinnen (31 %) lag die Ertaubungsdauer bei über 10 Jahren. Die Daten waren gemäß Shapiro-Wilk-Test normalverteilt ($p = 0,14$), da die Verteilung in den anderen Sprachverständlichkeitstests jedoch nicht normalverteilt war, wurden zur besseren Vergleichbarkeit hier auch die nichtparametrischen Tests angewendet.

3.2.2.1 Korrelation

In Abbildung 13 wurde die Ertaubungsdauer in Jahren über das je Patientenfall maximal erreichte Messergebnis bei dem Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL aufgetragen. Zur Korrelationsanalyse wurde der Spearman-Test durchgeführt. Dabei zeigte sich eine negative Korrelation mit einem Korrelationskoeffizienten r_s von $r_s = -0,326$ bei einem p-Wert (zweiseitig) von $p = 0,022$.

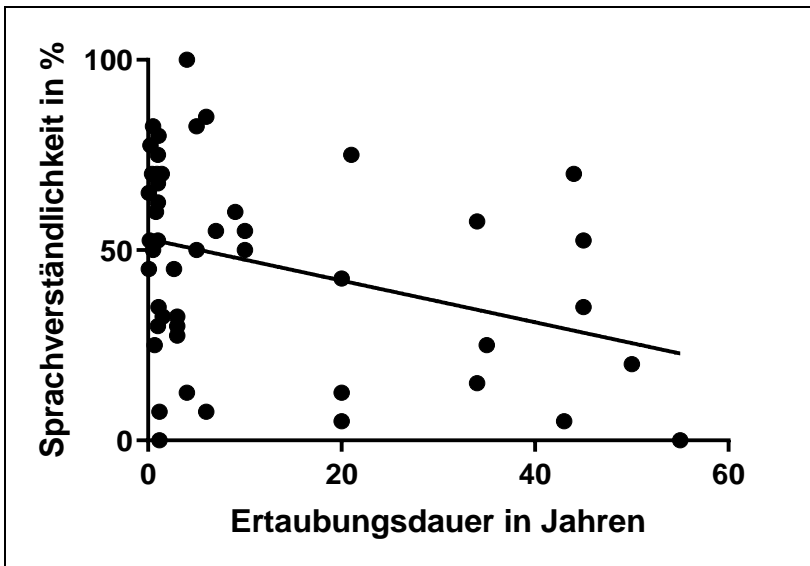


Abbildung 13. Korrelation der Ertaubungsdauer mit der Sprachverständlichkeit beim Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL. Streudiagramm der von den getesteten Patienten und Patientinnen (N = 49) maximal erreichten Ergebnisse im Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL und der jeweiligen Ertaubungsdauer. Die x-Achse zeigt die Ertaubungsdauer in Jahren an, die y-Achse die Anzahl der korrekt wiedergegebenen Zahlen im Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL in Prozent.

3.2.2.2 Performanceklassen

In Abbildung 14 zeigt, wie sich die Ertaubungsdauer auf die jeweiligen klinischen Performanceklassen verteilt. Es zeigt sich, dass die Mediane der Ertaubungsdauer in den Performanceklassen 30 - 60 % und 61 - 100 % recht nah beieinanderliegen ($\text{Median}_{30-60\%} = 3$ Jahre; $\text{Median}_{61-100\%} = 1,04$ Jahre). Demgegenüber liegt der Median der Ertaubungsdauer in der Performanceklasse 0 - 29 % mit 20 Jahren deutlich darüber. Auffällig ist auch die geringere Streuung in den Gruppen „30 - 60%“ (IQR = 9 Jahre) und „61 - 100%“ (IQR = 4,15 Jahre) gegenüber der Gruppe „0 - 29 %“ (IQR = 36,9 Jahre). Die drei Performanceklassen wurden statistisch mit dem Kruskal-Wallis-Test analysiert. Zwischen den Gruppen konnte ein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden ($X^2 = 7,396$; $p = 0,025$). Der Dunn's multiple comparisons Test zeigt im Einzelnen, welche Performanceklassen sich signifikant voneinander unterscheiden. Er ergab einen signifikanten (p -Wert = 0,0197) Unterschied, bezogen auf die Ertaubungsdauer, zwischen den Performanceklassen 0 - 29 % und 61 - 100 %.

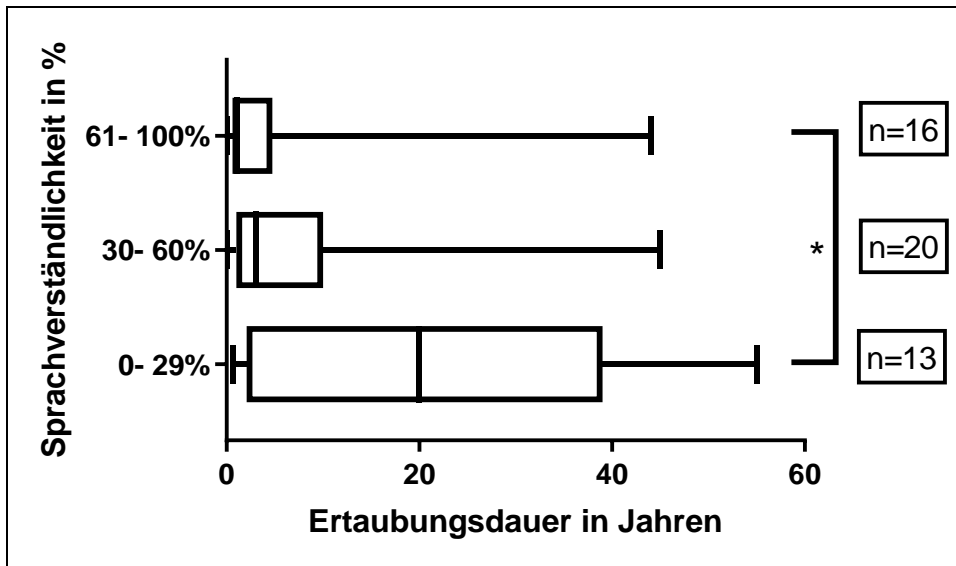


Abbildung 14. Performanceklassen nach Sprachverständlichkeit und jeweilige Ertaubungsdauer beim Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL. Aufteilung der Patientenkohorte nach Ihren Leistungen im Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL in die Gruppen (0-29%, 30-60% und 61-100%; Prozentzahl = Erreichte Prozentzahl im Freiburger Einsilbertest 65 dB SPL). Boxplotdarstellung der Ertaubungsdauer in den einzelnen Gruppen. Dargestellt sind der Median, die 25% und 75% Perzentile sowie Minimum und Maximum. * = $p < 0.05$; $N = 49$

3.2.2.3 Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer \geq 10 Jahre

In den Abbildungen 15 a) und b) wurden die Daten wieder nach der Ertaubungsdauer aufgeteilt. In Gruppe A fallen die Patienten und Patientinnen mit weniger als zehn Jahren Ertaubungsdauer, in Gruppe B diejenigen mit zehn oder mehr als zehnjähriger Ertaubungsdauer. Der Median in Gruppe A liegt bei 53,75 % und einem Interquartilsabstand von 38,12 %. In der Gruppe B liegt der Median mit 35% deutlich darunter. Der Interquartilsabstand beträgt hier 42,5 %. Zum statistischen Vergleich der beiden Gruppen wurde der Mann-Whitney-Test durchgeführt. Dieser zeigte einen signifikanten Unterschied ($U = 158$; $p = 0,035$ (zweiseitig)).

In beiden Gruppen ist die große Streuung erkennbar. (Interquartilsabstand Gruppe A = 38,1 %; Gruppe B = 42,5 %). In der Darstellung in Abbildung 15 b) fällt auf, dass sich die Werte in der Gruppe B nicht mit der größten Dichte im Bereich des Medians verteilen, sondern zwei Gruppen bilden. Die eine oberhalb und die andere unterhalb des Medians. Die Gruppe unterhalb des Medians besteht aus sieben Patienten und Patientinnen. Diese weisen in ihrer Ätiologie alle eine entzündliche Ohrerkrankung auf. Davon ein Patient mit Meningitis, ein

Patient mit Mumps, vier Patienten und Patientinnen mit Otitis media und ein Patient mit einer nicht näher beschriebenen Infektion in der Kindheit.

Bei den vier unteren Ausreißern in der Gruppe mit einer Ertaubungsdauer von unter 10 Jahren war in zwei Fällen die Ertaubungsursache ein plötzlicher Hörsturz, wobei in einem dieser Fälle insgesamt nur ein Messergebnis vorliegt. Dieses wurde im zweiten Monat nach Implantation erhoben. Die anderen beiden Patienten und Patientinnen hatten zum einen eine progrediente Innenohrschwerhörigkeit, im anderen Fall war die Ertaubung Folge einer Stapes-OP.

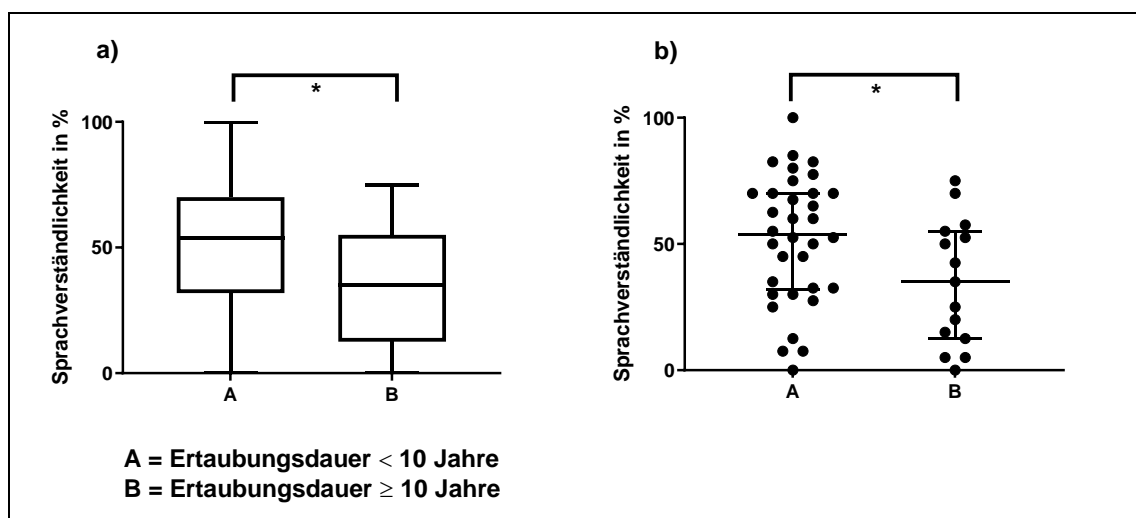


Abbildung 15. Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer ≥ 10 Jahre beim Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL. Aufteilung der Patientenkohorte in die Gruppen A = weniger als zehn Jahre Ertaubungsdauer ($n = 34$) und B = zehn oder mehr als zehnjährige Ertaubungsdauer ($n = 15$). Herangezogen wurde das maximal erreichte Ergebnis pro Patienten im Freiburger Einsilbertest bei 65 dB. Dargestellt sind der Median, die 25 % und 75 % Perzentile sowie Minimum und Maximum. * = $p < 0,05$; $N = 49$

3.2.3 Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL

Der Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL wurde bei 47 Patienten und Patientinnen postoperativ durchgeführt. Davon hatten 31 (66 %) eine Ertaubungsdauer von weniger als zehn Jahren und 16 (34 %) eine Ertaubungsdauer von zehn oder mehr als zehn Jahren. Die Daten waren gemäß Shapiro-Wilk-Test nicht normalverteilt ($p = 0,0005$), deshalb wurden zur weiteren Analyse nichtparametrische Tests verwendet.

3.2.3.1 Korrelation

In Abbildung 16 wurde auf der x-Achse die Ertaubungsdauer in Jahren und auf der y-Achse das beste je Patientenfall ermittelte Messergebnis bei dem Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL aufgetragen. Zur Korrelationsanalyse wurde der Spearman-Test durchgeführt. Dabei wurde ein r- Wert von $r_s = -0,365$ bei einem p-Wert (zweiseitig) von 0,012 ermittelt.

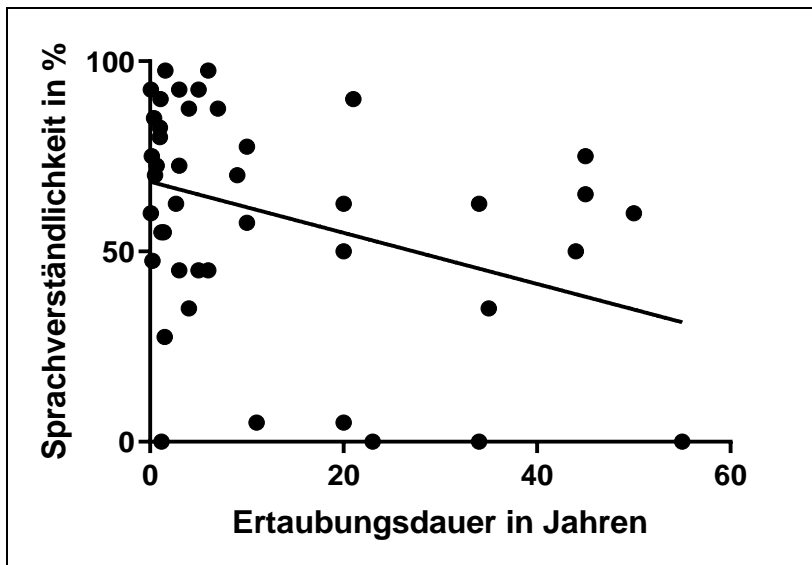


Abbildung 16. Korrelation der Ertaubungsdauer mit der Sprachverständlichkeit beim Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL. Streudiagramm der von den getesteten Patienten und Patientinnen (N = 47) maximal erreichten Ergebnisse im Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL und der jeweiligen Ertaubungsdauer. Die x-Achse zeigt die Ertaubungsdauer in Jahren an, die y-Achse die Anzahl der korrekt wiedergegebenen Zahlen im Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL in Prozent.

3.2.3.2 Performanceklassen

Wie sich die durchschnittliche Ertaubungsdauer auf die jeweiligen klinischen Performanceklassen verteilt, zeigt Abbildung 17. In der Performanceklasse 61 - 100 % befinden sich 27 (57 %) der Patienten und Patientinnen, in der Performanceklasse 30 – 60 % sind es 13 (28 %) und in der Performanceklasse 0 – 29 % nur 7 (15 %). Die Mediane in den Performanceklassen 30 – 60 % (Median = 5 Jahre) und 61 – 100 % (Median = 2,67Jahre) liegen, ähnlich wie bei dem Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL, nah zusammen. In der Performanceklasse 0 - 29 % liegt der Median mit 20 Jahren Ertaubungsdauer deutlich darüber. Der Interquartilsabstand ist in der Performanceklasse

61 – 100 % mit IQR = 8 Jahren deutlich niedriger als in den Performanceklassen 30 – 60 % (IQR = 26,2 Jahre) und 0 – 29 % (IQR = 32,5 Jahre). Die drei Performanceklassen wurden statistisch mit dem Kruskal-Wallis-Test analysiert. Anders als beim Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL unterscheiden sich die Mediane bei 80 dB SPL nicht signifikant voneinander ($X^2 = 4,787$; $p = 0,091$). Es zeigt sich die sichtbare Tendenz (wenngleich sie nicht signifikant ist), dass der Median und der Interquartilsabstand in der Performanceklasse 61 – 100 % deutlich geringer ist als in der Performanceklasse 0 – 29 %. Außerdem ist die Verteilung auf die Performanceklassen unterschiedlich. Wie bereits oben erwähnt, befinden sich 57 % aller Patienten und Patientinnen in der Performanceklasse 61 – 100 % und nur 15 % in der Performanceklasse 0 – 29 %.

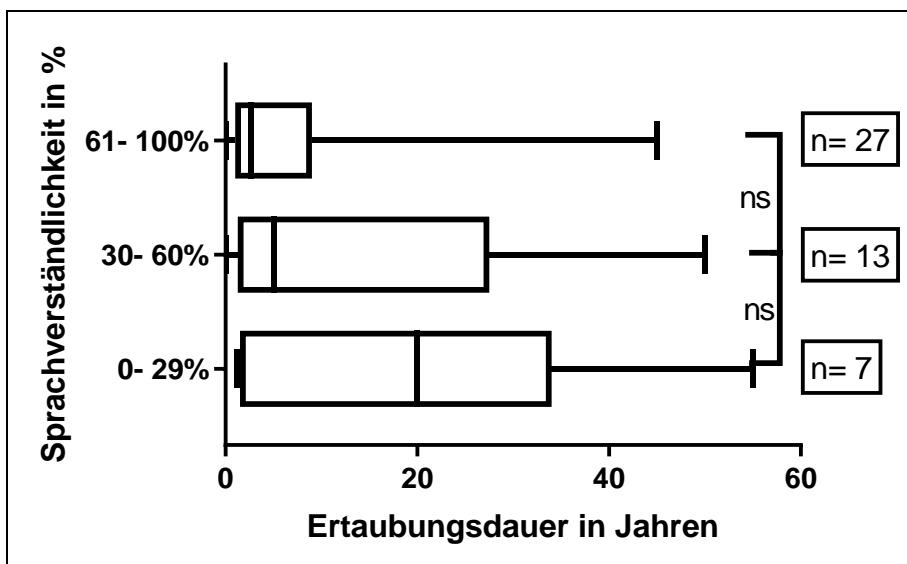


Abbildung 17. Performanceklassen nach Sprachverständlichkeit und jeweilige Ertaubungsdauer beim Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL. Aufteilung der Patientenkohorte nach Ihren Leistungen im Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL in die Gruppen (0 – 29 %, 30 – 60 % und 61 – 100 %; Prozentzahl = Erreichte Prozentzahl im Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL). Boxplotdarstellung der Ertaubungsdauer in den einzelnen Gruppen. Dargestellt sind der Median, die 25 % und 75 % Perzentile sowie Minimum und Maximum. ns = $p > 0,05$; N = 47

3.2.3.3 Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer \geq 10 Jahre

Auch in den Abbildungen 18 a) und b) wurde die Patientenkohorte wieder hinsichtlich der Ertaubungsdauer in weniger oder mehr als 10 Jahre aufgeteilt. In Gruppe A befinden sich diejenigen mit einer Ertaubungsdauer von weniger als zehn Jahren, in Gruppe B diejenigen mit einer Ertaubungsdauer von zehn oder

mehr als zehn Jahren. Der Median in Gruppe A liegt bei 75 % und der Interquartilsabstand bei 32,5 %. In Gruppe B liegt der Median bei 53,8 % und der Interquartilsabstand bei 59,4 %.

Die Daten wurden mit dem Mann-Whitney-Test statistisch analysiert. Der Test zeigte einen signifikanten Unterschied der Mediane zwischen den beiden Gruppen ($U = 127,5$; $p = 0,006$ (zweiseitig)).

Betrachtet man die Darstellung in Abbildung 18 b), so fällt auf, dass nicht alle aus der Gruppe mit einer Ertaubungsdauer über zehn Jahre niedrige Ergebnisse im Sprachverständlichkeitstest erzielen, sondern hier zwei Gruppen vorliegen. Unterhalb des Medians (53,8 %) lassen sich acht Patienten und Patientinnen ausmachen. In einem Fall war die Ätiologie eine Felsenbeinfraktur, in einem anderen Fall ist die Ätiologie unbekannt. In letztgenanntem Fall erfolgte die Cochlea Implantation jedoch im Jahr 2016, weshalb nur eine Messung aus dem vierten Monat nach Implantation vorliegt. Die sechs anderen Patienten und Patientinnen unterhalb des Medians wiesen eine entzündliche Ätiologie in Ihrer Ertaubungsursache auf. Davon vier Fälle mit Otitis media, einer mit Cholesteatom und einer mit Mumps. Ein weiterer Patientenfall mit einer entzündlichen Ätiologie (nicht näher beschriebene Infektion in der Kindheit) und einer Ertaubungsdauer von über zehn Jahren, erreichte im Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL 60 %.

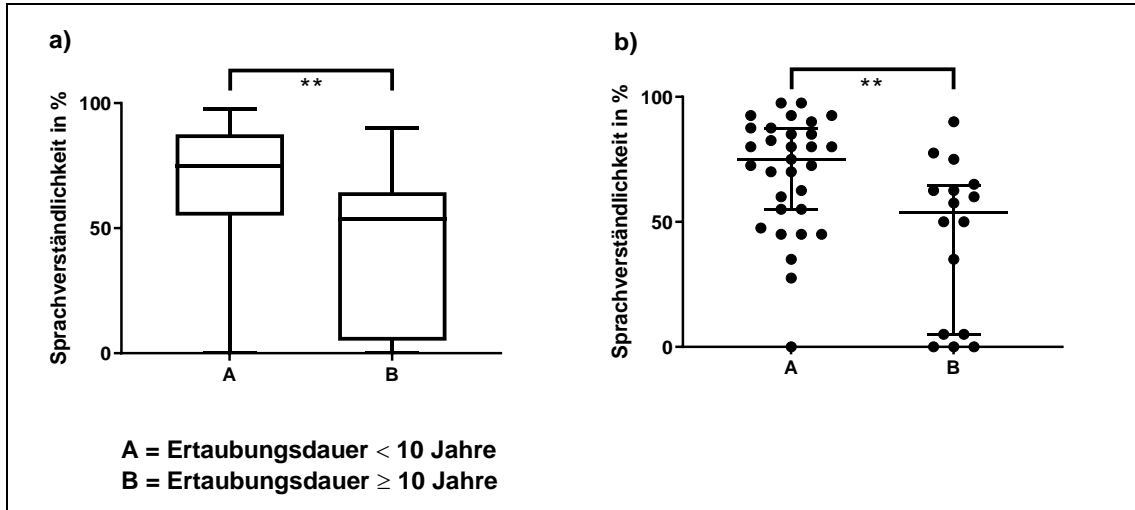


Abbildung 18. Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer \geq 10 Jahre beim Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL. Aufteilung der Patientenkohorte in die Gruppen A = weniger als zehn Jahre Ertaubungsdauer ($n = 31$) und B = zehn oder mehr als zehnjährige Ertaubungsdauer ($n = 16$). Herangezogen wurde das maximal erreichte Ergebnis pro Patienten im Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL. Dargestellt sind der Median, die 25 % und 75 % Perzentile sowie Minimum und Maximum. ** = $p < 0,01$; $N = 47$

3.2.4 HSM-Satztest bei 65 dB SPL ohne Störschall

Der HSM-Satztest in Ruhe, d.h. ohne Störschall bei 65 dB SPL wurde bei 31 Patienten und Patientinnen ($N_{\text{HSM Ruhe}} = 31$) nach Cochlea Implantation durchgeführt. Davon wiesen 21 (68 %) eine Ertaubungsdauer von weniger als zehn Jahren und zehn Patienten und Patientinnen (32 %) eine Ertaubungsdauer von zehn oder mehr als zehn Jahren auf. Die Daten waren gemäß Shapiro-Wilk-Test nicht normalverteilt ($p = 0,0015$), deshalb wurden zur weiteren Analyse nichtparametrische Tests verwendet.

3.2.4.1 Korrelation

Wie bei den anderen Sprachverständlichkeitstests wurde auch hier in Abbildung 19 wieder auf der x-Achse die Ertaubungsdauer in Jahren und auf der y-Achse das je Patientenfall maximal erreichte Messergebnis im HSM-Satztest in Ruhe bei 65 dB SPL aufgetragen. Zur Korrelationsanalyse wurde wieder der Spearman-Test durchgeführt. Der Spearman-Test ergab einen r-Wert von $r_s = -0,359$ bei einem p-Wert (zweiseitig) von 0,047. Demzufolge besteht im vorliegenden Datensatz eine signifikante negative Korrelation, zwischen den Ergebnissen im HSM-Satztest in Ruhe bei 65 dB SPL und der Ertaubungsdauer.

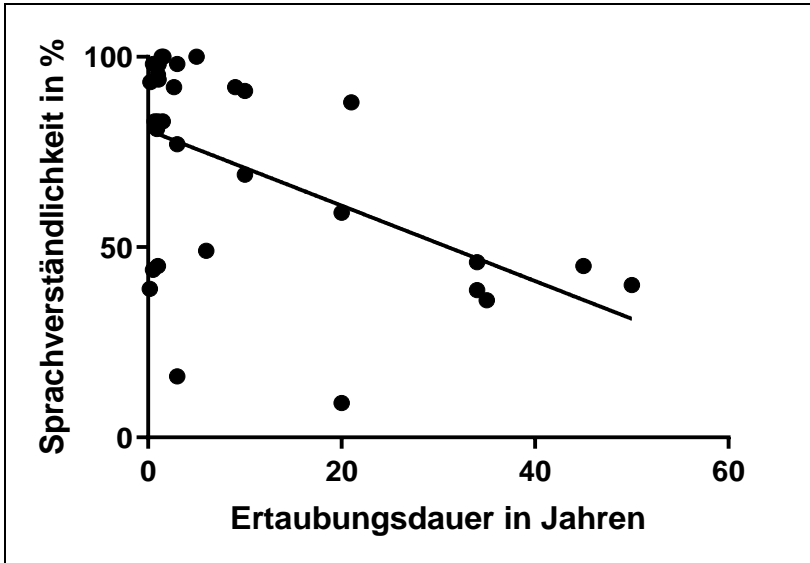


Abbildung 19. Korrelation der Ertaubungsdauer mit der Sprachverständlichkeit beim HSM-Satztest bei 65 dB SPL. Streudiagramm der von den getesteten Patienten und Patientinnen ($N = 31$) maximal erreichten Ergebnisse im HSM-Satztest bei 65 dB SPL und der jeweiligen Ertaubungsdauer. Die x- Achse zeigt die Ertaubungsdauer in Jahren an, die y- Achse die Anzahl der korrekt wiedergegebenen Zahlen im HSM-Satztest bei 65 dB SPL in Prozent.

3.2.4.2 Performanceklassen:

In Abbildung 20 wurde der Vollständigkeit wegen wieder nach den klinischen Performanceklassen aufgeteilt und die jeweilige Ertaubungsdauer dargestellt. Jedoch sind hier die Gruppen nicht vergleichbar, da sich beispielsweise in der Performanceklasse 0 - 29 % nur zwei Patienten und Patientinnen befinden. Auf eine statistische Analyse wurde aufgrund der geringen Aussagekraft hier daher verzichtet.

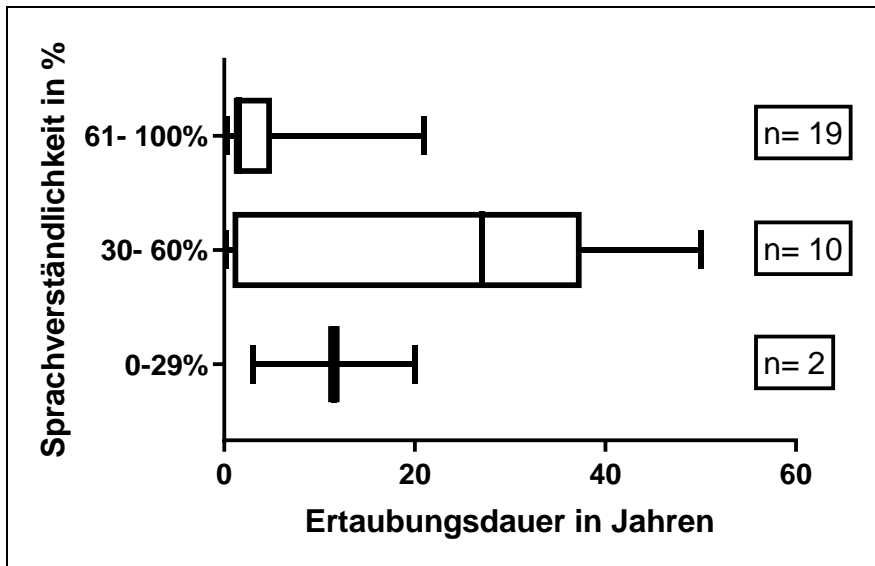


Abbildung 20. Performanceklassen nach Sprachverständlichkeit und jeweilige Ertaubungsdauer beim HSM-Satztest bei 65 dB SPL. Aufteilung der Patientenkohorte nach Ihren Leistungen im HSM-Satztest bei 65 dB SPL in die Gruppen (0–29 %, 30–60 % und 61–100 %; Prozentzahl = Erreichte Prozentzahl im HSM-Satztest bei 65 dB SPL). Boxplotdarstellung der Ertaubungsdauer in den einzelnen Gruppen. Dargestellt sind der Median, die 25 % und 75 % Perzentile sowie Minimum und Maximum. N = 31

3.2.4.3 Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer ≥ 10 Jahre

Die Aufteilung in die Gruppen mit A = weniger als zehn Jahre Ertaubungsdauer und B = zehn oder mehr als zehn Jahre Ertaubungsdauer ist in den Abbildungen 21 a) und b) abgebildet. In Gruppe A liegt der Median bei 92 % und der Interquartilsabstand beträgt 35,1 %. In Gruppe B liegt der Median bei 45,5 % und der Interquartilsabstand bei 35,7 %. Die Daten wurden mit dem Mann-Whitney-Test statistisch analysiert. Der Mann-Whitney-Test ermittelte einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen ($U = 41,5$; $p = 0,006$ (zweiseitig)).

In der Gruppe mit einer Ertaubungsdauer über zehn Jahren ($n = 10$) haben die Hälfte der Patientenfälle eine entzündliche Ertaubungsursache (drei Fälle mit Otitis media, einer mit Mumps und einer mit einer nicht näher erläuterten Infektion in der Kindheit). Davon liegen 3 (60 %) unterhalb des Medians (Median = 45,5 %) und 4 (80 %) unterhalb des Mittelwertes (Mittelwert = 52,17 %).

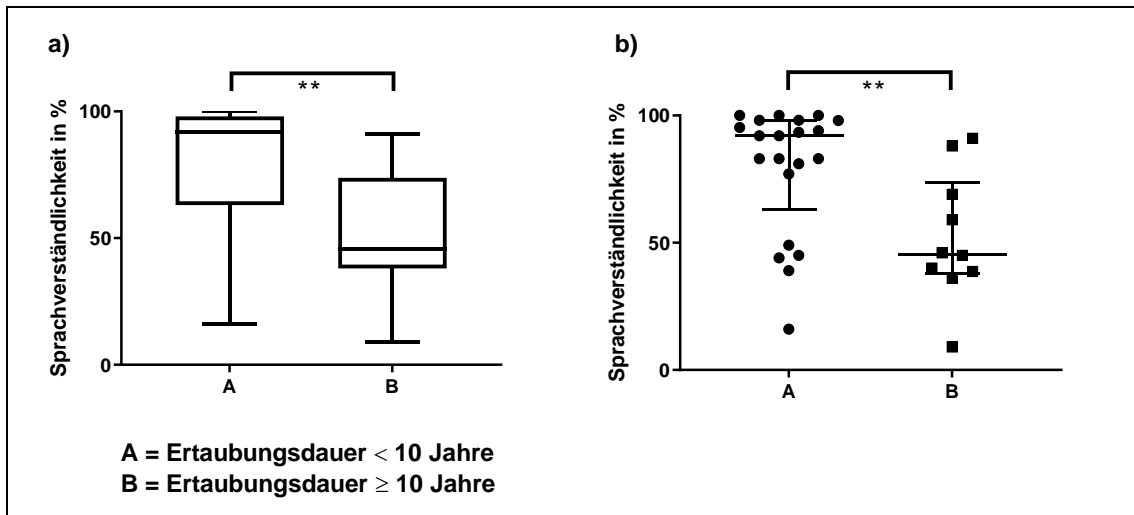


Abbildung 21. Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer \geq 10 Jahre beim HSM-Satztest bei 65 dB SPL. Aufteilung der Patientenkohorte in die Gruppen A = weniger als zehn Jahre Ertaubungsdauer ($n = 21$) und B = zehn oder mehr als zehnjährige Ertaubungsdauer ($n = 10$). Herangezogen wurde das maximal erreichte Ergebnis pro Patienten im HSM-Satztest bei 65 dB SPL. Dargestellt sind der Median, die 25 % und 75 % Perzentile sowie Minimum und Maximum. ** = $p < 0,01$; $N = 31$

3.2.5 Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer \geq 10 Jahre ohne prälingual und perilingual Ertaubte

3.2.5.1 Freiburger Zahlentest bei 65 dB SPL

Abbildung 22 zeigt die Ergebnisse des Freiburger Zahlentests ohne prä- und perilingual Ertaubte bei 65 dB SPL. Es wurden daher die Daten von sechs Patienten und Patientinnen nicht miteingeschlossen, sodass sich hier die getestete Population von $N = 53$ auf $N = 47$ reduziert. Es wurde zwischen einer Ertaubungsdauer von weniger (Gruppe A) und mehr als zehn Jahren (Gruppe B) unterschieden. Da alle prä- und perilingual Ertaubten eine Ertaubungsdauer über zehn Jahren aufweisen, reduziert sich der Anteil derjenigen mit einer Ertaubungsdauer von über zehn Jahren von $n = 19$ auf $n = 13$. Der Median in Gruppe A liegt unverändert bei 95 % mit einem IQR = 10. In der Gruppe B liegt der Median bei 60 %. Der Interquartilsabstand ist hier mit IQR = 67,5 deutlich größer. Es wurde zur statistischen Analyse der Mann-Whitney-Test angewandt (Daten nicht normalverteilt). Der Unterschied zwischen den Gruppen war signifikant ($U = 121,5$; $p = 0,014$; zweiseitig).

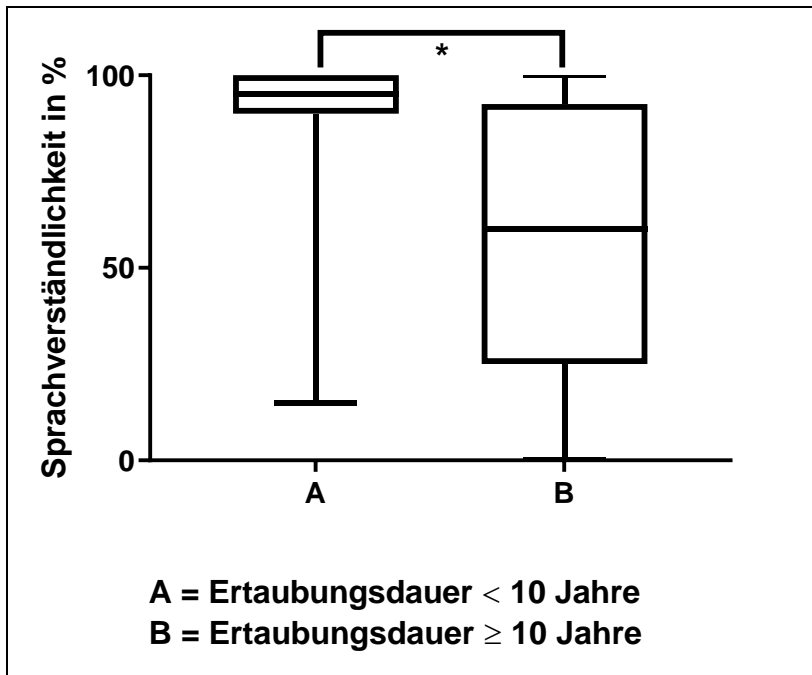


Abbildung 22. Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer ≥ 10 Jahre beim Freiburger Zahlentest bei 65 dB SPL ohne prä- und perilingual Ertaubte. Aufteilung der Patientenkohorte in A = weniger als 10 Jahren Ertaubungsdauer (n = 34) und B = zehn oder mehr als zehn Jahren Ertaubungsdauer (n = 13). Beide Gruppen ohne prä- und perilingual Ertaubte. Herangezogen wurde das maximal erreichte Ergebnis pro Patienten im Freiburger Zahlentest bei 65 dB SPL. Dargestellt sind der Median, die 25% und 75% Perzentile sowie Minimum und Maximum. * = $p < 0,05$; N = 47

3.2.5.2 Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL

Abbildung 23 zeigt den gleichen Aufbau wie in Abbildung 22, jedoch bei dem Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL. In diesem Fall wurden die fünf prä- bzw. perilingual Ertaubten nicht in die Untersuchung miteingeschlossen. Die Gesamtpopulation in diesem Test reduziert sich daher von N = 49 auf N = 44. Auch hier befanden sich alle prä- und perilingual Ertaubten in der Gruppe mit über zehnjähriger Ertaubungsdauer. Weshalb sich diese Gruppe (Gruppe B) von 15 auf 10 Patienten/ Patientinnen reduzierte. Der Median bei weniger als zehn Jahren Ertaubungsdauer (Gruppe A) verändert sich daher nicht und bleibt bei 53,75 % und weist einen Interquartilsabstand von 38,12 % auf. In der Gruppe mit zehn oder mehr als zehn Jahren Ertaubungsdauer (Gruppe B) liegt der Median bei 46,25 %. Der Interquartilsabstand beträgt hier 41,25 %. Auch hier wurde zur statistischen Analyse der Mann-Whitney-Test angewandt. Der Unterschied zwischen den Gruppen war nicht signifikant (U = 114; $p = 0,119$; zweiseitig).

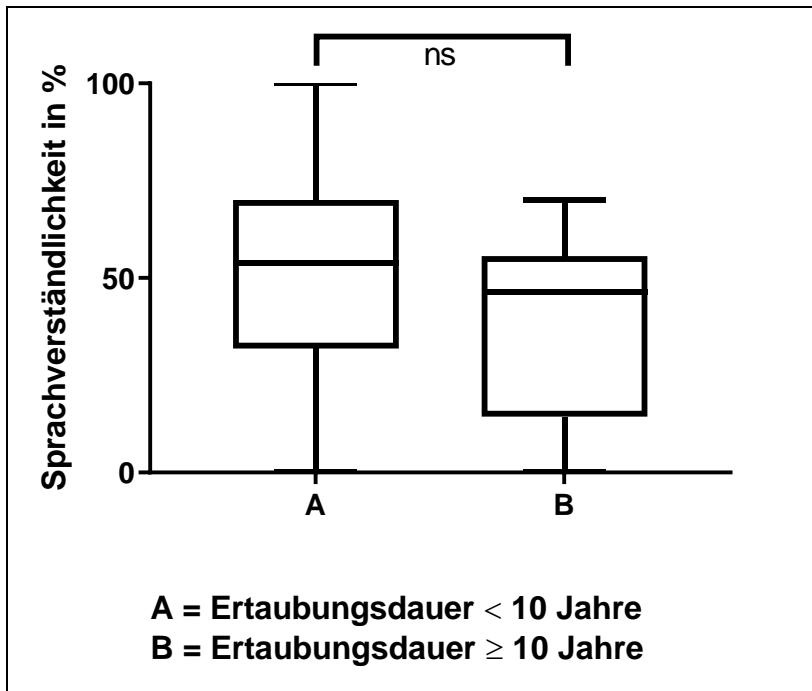


Abbildung 23. Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer ≥ 10 Jahre beim Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL ohne prä- und perilingual Ertaubte. Aufteilung der Patientenkohorte in A = weniger als 10 Jahren Ertaubungsdauer (n = 34) und B = zehn oder mehr als zehn Jahren Ertaubungsdauer (n = 10). Beide Gruppen ohne prä- und perilingual Ertaubte. Herangezogen wurde das maximal erreichte Ergebnis pro Patienten im Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL. Dargestellt sind der Median, die 25 % und 75 % Perzentile sowie Minimum und Maximum. ns = $p > 0,05$; N = 44

3.2.5.3 Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL

In Abbildung 24 sind die Werte beim Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL dargestellt. Auch hier wurden fünf prä- bzw. perilingual Ertaubte nicht in die Untersuchung miteingeschlossen, was zu einer Reduzierung der Testpopulation von N = 47 auf N = 42 führt. Demnach reduziert sich die Gruppe mit über zehnjähriger Ertaubungsdauer (Gruppe B) von 16 auf 11 Patienten und Patientinnen. Der Median bei weniger als zehn Jahren Ertaubungsdauer (Gruppe A) bleibt unverändert bei 75 % mit einem Interquartilsabstand von IQR = 32,5 %. In Gruppe B liegt der Median bei 50 % und der Interquartilsabstand bei IQR = 57,5 %. Es wurde zur statistischen Analyse der Mann-Whitney-Test angewandt. Der Unterschied zwischen den Gruppen war signifikant (U = 75,5; $p = 0,005$; zweiseitig).

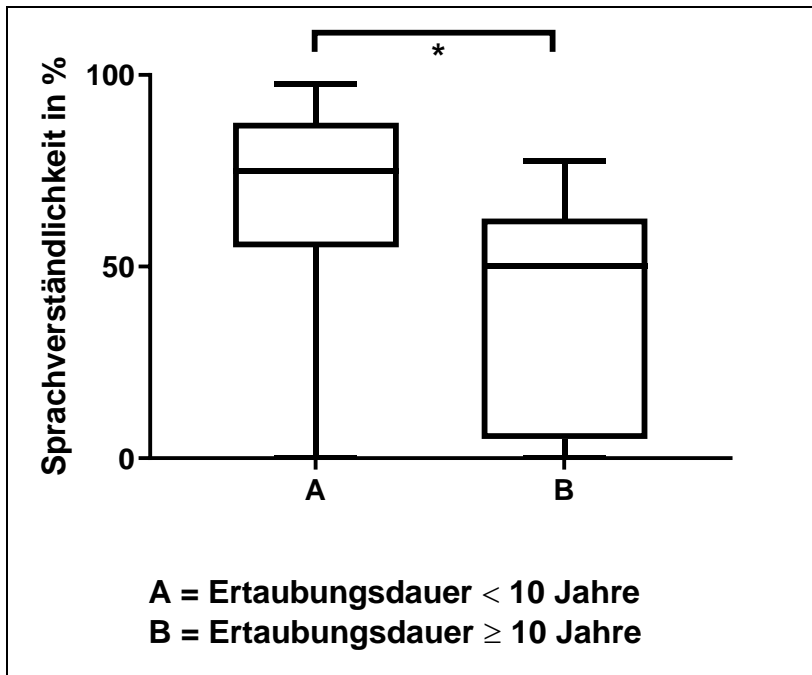


Abbildung 24. Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer \geq 10 Jahre beim Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL ohne prä- und perilingual Ertaubte. Aufteilung der Patientenkohorte in A = weniger als 10 Jahren Ertaubungsdauer ($n = 31$) und B = zehn oder mehr als zehn Jahren Ertaubungsdauer ($n = 11$). Beide Gruppen ohne prä- und perilingual Ertaubte. Herangezogen wurde das maximal erreichte Ergebnis pro Patienten im Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL. Dargestellt sind der Median, die 25 % und 75 % Perzentile sowie Minimum und Maximum. * = $p < 0,05$; $N = 42$

3.2.5.4 HSM-Satztest bei 65 dB SPL

Die Ergebnisse des HSM-Satztests in Ruhe bei 65 dB SPL ohne prä- und perilingual Ertaubte zeigt Abbildung 25. Von den 31 Patienten und Patientinnen bei denen der HSM-Satztest durchgeführt wurde, waren vier prä- bzw. perilingual ertaubt, weshalb sich hier die Testpopulation auf $N = 27$ reduziert. Zur Gruppe mit über zehnjähriger Ertaubungsdauer (Gruppe B) zählen hier nur noch 6 Patienten und Patientinnen, was bei der Bewertung berücksichtigt werden muss. Der Median bei weniger als zehn Jahren Ertaubungsdauer (Gruppe A) beträgt 92 % und weist einen Interquartilsabstand von $IQR = 35,05$ % auf. In der Gruppe B mit zehn oder mehr als zehn Jahren Ertaubungsdauer liegt der Median bei 52,5 %. Der Interquartilsabstand beträgt hier $IQR = 36,5$ %. Es wurde zur statistischen Analyse der Mann-Whitney-Test angewandt. Der Unterschied zwischen den Gruppen war signifikant ($U = 26$; $p = 0,029$; zweiseitig), jedoch muss die geringe Patientenzahl in der Gruppe mit über zehnjähriger Ertaubungsdauer berücksichtigt werden.

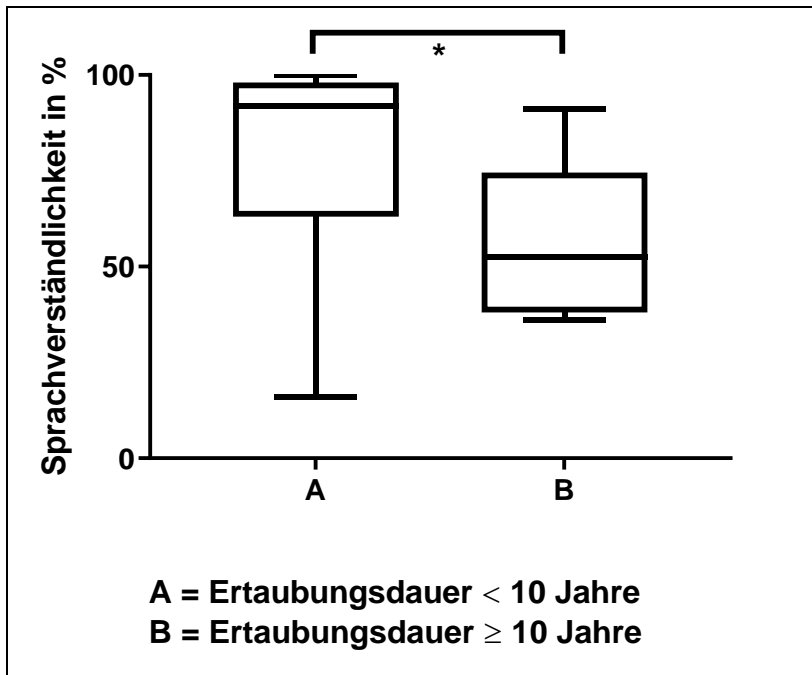


Abbildung 25. Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer \geq 10 Jahre beim HSM-Satztest ohne prä- und perilingual Ertaubte. Aufteilung der Patientenkohorte in A = weniger als 10 Jahren Ertaubungsdauer ($n = 21$) und B = zehn oder mehr als zehn Jahren Ertaubungsdauer ($n = 6$). Beide Gruppen ohne prä- und perilingual Ertaubte. Herangezogen wurde das maximal erreichte Ergebnis pro Patienten im HSM-Satztest bei 65 dB SPL. Dargestellt sind der Median, die 25 % und 75 % Perzentile sowie Minimum und Maximum. * = $p < 0,05$; $N = 27$

3.3 Einfluss der Ätiologie in Kombination mit der Ertaubungsdauer auf die Sprachverständlichkeit

Wie im vorherigen Kapitel beschrieben fiel bei der Untersuchung der Variable „Ertaubungsdauer“ auf, dass sich innerhalb der Gruppe mit einer Ertaubungsdauer über zehn Jahren die Werte nicht um den Median verteilen, sondern sich zwei Gruppen abzeichnen. Die Patienten und Patientinnen, die eine entzündliche Ätiologie aufwiesen, zeigten schlechtere Ergebnisse in den Sprachverständlichkeitstests, als diejenigen, die ebenfalls eine lange Ertaubungsdauer, nicht jedoch eine entzündliche Ätiologie aufwiesen. In den Abbildungen 26 - 29 wurde der Datensatz daraufhin untersucht, inwiefern sich der Ertaubungsgrund unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Ertaubungsdauer auf die Hörleistung nach Cochlea Implantation auswirkt.

Die Ergebnisse dieses Teils der Arbeit wurden bereits veröffentlicht unter: Kurz et al. (2019)

3.3.1 Freiburger Zahlentest bei 65 dB SPL

Abbildung 26 zeigt die Aufteilung nach Ätiologie und Ertaubungsdauer bei dem Freiburger Zahlentest bei 65 dB SPL. Die Aufteilung erfolgte in die Gruppen A = entzündliche Ätiologie und weniger als zehn Jahre Ertaubungsdauer; B = entzündliche Ätiologie und zehn oder mehr als zehn Jahre Ertaubungsdauer; C = andere Ursache und weniger als zehn Jahre Ertaubungsdauer; D = andere Ursache und zehn oder mehr als zehn Jahre Ertaubungsdauer. Die Gruppen sind von ihrer Patientenanzahl unterschiedlich. In Gruppe A befinden sich 3 Patienten und Patientinnen (6 %), in Gruppe B 9 (17 %), in Gruppe C 31 (58 %) und in Gruppe D 10 (19 %). Der Median beträgt in Gruppe A 100 % (IQR = 10 %), in Gruppe B 60 % (IQR = 35 %), in Gruppe C 95 % (IQR = 10 %) und in Gruppe D 92,5 % (IQR = 80 %). Der Median in Gruppe B ist demnach deutlich geringer als in den anderen Gruppen. Der Mittelwert liegt in Gruppe A bei 96,7 % (SD = 5,8 %), in Gruppe B bei 53,3 % (SD = 26 %), in Gruppe C bei 84,2 % (SD = 27,1 %) und in Gruppe D bei 67,5 % (SD = 40,8 %). Der Interquartilsabstand ist in den Gruppen mit einer über zehnjährigen Ertaubungsdauer (B und D) deutlich größer als in den Gruppen mit kürzerer Ertaubungsdauer. Zur statistischen Analyse wurde der Kruskal-Wallis-Test durchgeführt. Zwischen den Gruppen konnte ein signifikanter Unterschied festgestellt werden (χ^2 (N = 53) = 11,01; p = 0,012). Um herauszufinden welche Gruppen sich signifikant voneinander unterscheiden wurde als Post-hoc Test der Dunn`s multiple comparisons Test durchgeführt. Zwischen den Gruppen B und C war der Unterschied statistisch signifikant (korrigierter p-Wert = 0,012).

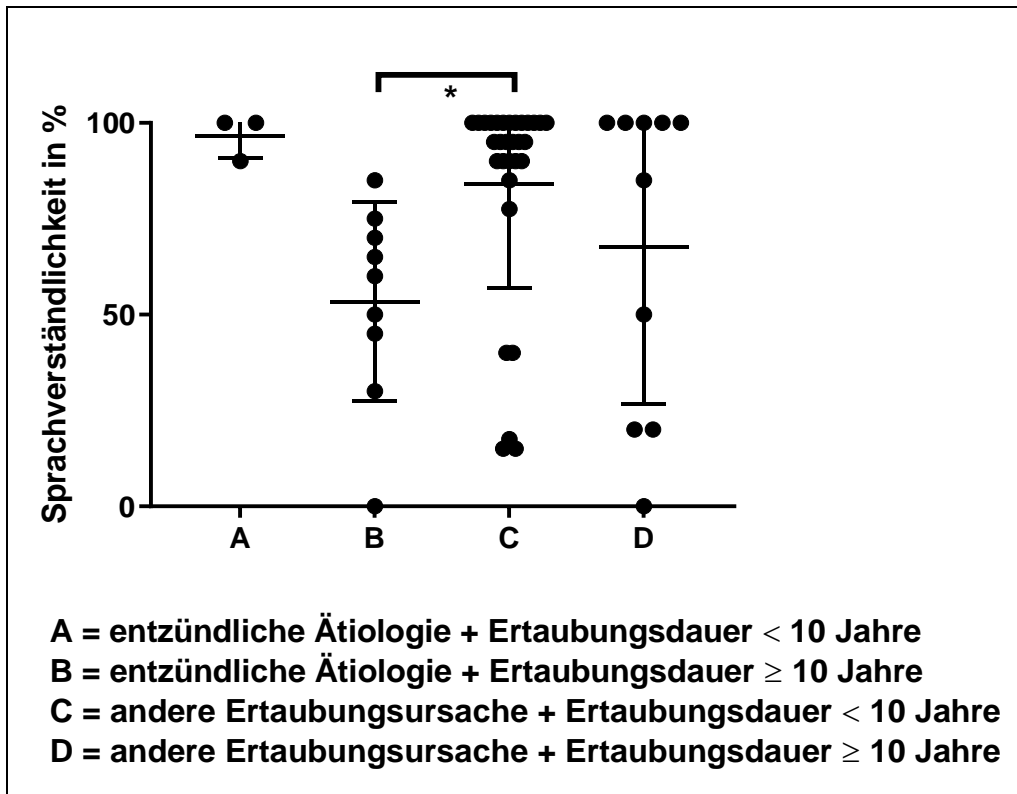


Abbildung 26. Einfluss der Kombination aus Ätiologie und Ertaubungsdauer auf die Sprachverständlichkeit beim Freiburger Zahlentest bei 65 dB SPL. Aufteilung in die Gruppen A = entzündliche Ätiologie und weniger als zehn Jahre Ertaubungsdauer (n = 3); B = entzündliche Ätiologie und zehn oder mehr als zehn Jahre Ertaubungsdauer (n = 9); C = andere Ursache und weniger als zehn Jahre Ertaubungsdauer (n = 31); D = andere Ursache und zehn oder mehr als zehn Jahre Ertaubungsdauer (n = 10). Dargestellt sind die einzelnen Werte, sowie Median und die 25 % und 75 % Perzentile. * = $p < 0,05$; N = 53

3.3.2 Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL

Die Verteilung auf die Gruppen beim Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL in Abbildung 27 ist ebenso ungleich. Von den insgesamt 49 Patienten und Patientinnen, befinden sich in Gruppe A (A = entzündliche Ätiologie und weniger als zehn Jahre Ertaubungsdauer) wieder 3 (6,1 %), in Gruppe B (B = entzündliche Ätiologie und zehn oder mehr als zehn Jahre Ertaubungsdauer) 7 (14,3 %), in Gruppe C (C = andere Ursache und weniger als zehn Jahre Ertaubungsdauer) 31 (63,3 %) und in Gruppe D (D = andere Ursache und zehn oder mehr als zehn Jahre Ertaubungsdauer) 8 Patienten und Patientinnen (16,3 %). Der Median beträgt in Gruppe A 82,5 % (IQR = 47,5 %), in Gruppe B 12,5 % (IQR = 15 %), in Gruppe C 52,5 % (IQR = 40 %) und in Gruppe D 53,8 % (IQR = 22,5 %). Hier fällt der deutlich niedrigere Median in Gruppe B im Gegensatz zu den anderen Gruppen besonders auf. Die Streuung

ist hier dagegen, anders als bei dem Freiburger Zahlen Test, in den Gruppen mit einer Ertaubungsdauer über 10 Jahren (B und D) geringer als in den Gruppen mit geringerer Ertaubungsdauer (A und C). Der Mittelwert liefert ähnliche Ergebnisse wie der Median. Er liegt in Gruppe A bei 78,3 % (SD = 24 %), in Gruppe B bei 11,8 % (SD = 9 %), in Gruppe C bei 49,4 % (SD = 24,1 %) und in Gruppe D bei 54,7 % (SD = 13, %). Zur statistischen Analyse wurde der Kruskal-Wallis-Test durchgeführt. Zwischen den Gruppen konnte ein signifikanter Unterschied festgestellt werden ($X^2 (N = 49) = 16,27; p = 0,001$). Als Post-hoc Test wurde der Dunn's comparisons Test durchgeführt. Die Gruppe B unterschied sich signifikant von allen anderen Gruppen. Der korrigierte p-Wert beträgt zwischen den Gruppen A und B $p = 0,003$, zwischen B und C $p = 0,005$ und zwischen B und D $p = 0,015$.

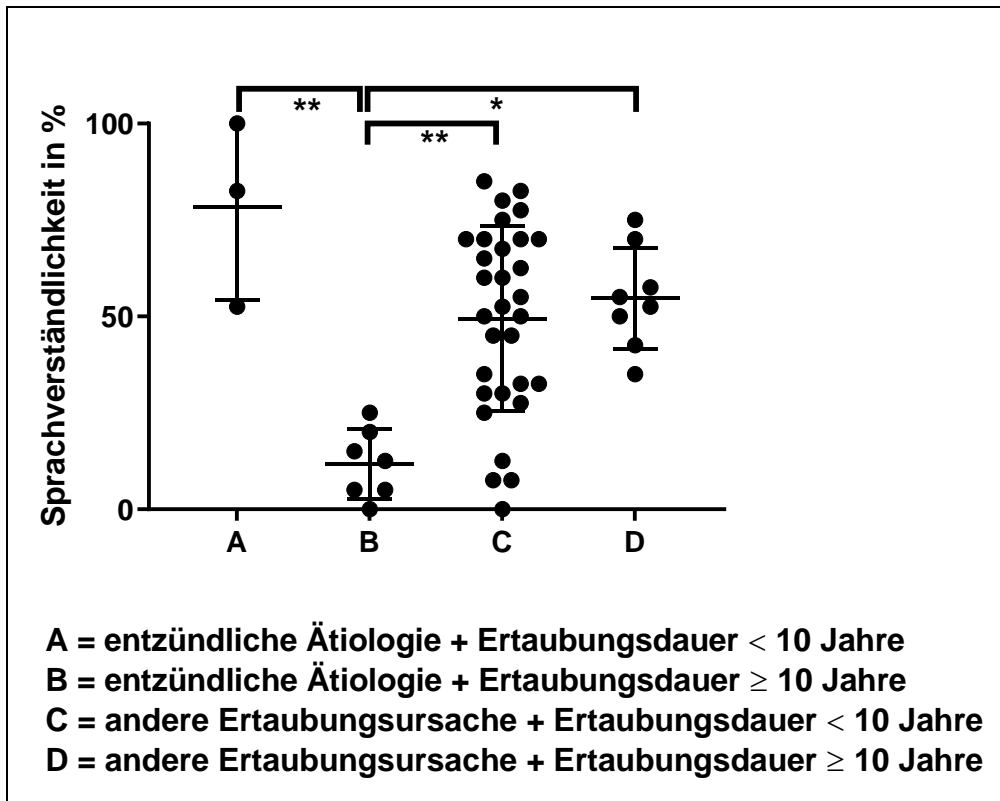


Abbildung 27. Einfluss der Kombination aus Ätiologie und Ertaubungsdauer auf die Sprachverständlichkeit Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL. Aufteilung in die Gruppen A = entzündliche Ätiologie und weniger als zehn Jahre Ertaubungsdauer (n = 3); B = entzündliche Ätiologie und zehn oder mehr als zehn Jahre Ertaubungsdauer (n = 7); C = andere Ursache und weniger als zehn Jahre Ertaubungsdauer (n = 31); D = andere Ursache und zehn oder mehr als zehn Jahre Ertaubungsdauer (n = 8). Dargestellt sind die einzelnen Werte, sowie Median und die 25 % und 75 % Perzentile. * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; N = 49. Modifiziert und übersetzt mit Nachdruckgenehmigung durch Springer Nature; *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology* (2019); *The impact of etiology and duration of deafness on speech perception outcomes in SSD patients.*; Kurz A, Grubenbecher M, Rak K, Hagen R, Kühn H. (2019)

3.3.3 Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL

In Abbildung 28 ist die Aufteilung nach Ätiologie und Ertaubungsdauer bei dem Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL dargestellt. Die Daten sind auch hier unterschiedlich auf die Gruppen verteilt. Von den insgesamt 47 Getesteten (N = 47) entfallen auf die Gruppe A (A = entzündliche Ätiologie und weniger als zehn Jahre Ertaubungsdauer) erneut 3 (6 %), auf Gruppe B (B = entzündliche Ätiologie und zehn oder mehr als zehn Jahre Ertaubungsdauer) 7 (15 %), auf Gruppe C (C = andere Ursache und weniger als zehn Jahre Ertaubungsdauer) der größte Teil mit 28 (60 %) und auf Gruppe D (D = andere Ursache und zehn oder mehr als zehn Jahre Ertaubungsdauer) 9 Patienten und Patientinnen (19 %). In Gruppe A beträgt der Median 85 % (IQR = 12,5 %), in Gruppe B 5 %

(IQR = 50 %), in Gruppe C 72,5 % (IQR = 37,5 %) und in Gruppe D 62,5 % (IQR = 22,5 %). Der Mittelwert liegt in Gruppe A bei 82,5 % (SD = 6,6 %), in Gruppe B bei 22,1 % (SD = 25,6 %), in Gruppe C bei 67,9 % (SD = 23,8 %) und in Gruppe D bei 60 % (SD = 25,4 %). Mit dem Kruskal-Wallis-Test konnte ein Unterschied zwischen den Gruppen festgestellt werden. Dieser war signifikant (χ^2 (N = 47) = 12,73; $p = 0,005$). Der Dunn's comparisons Test ergab einen signifikanten Unterschied der Gruppe B mit den Gruppen A und C. Der korrigierte p-Wert betrug zwischen den Gruppen A und B $p = 0,024$ und zwischen B und C $p = 0,007$.

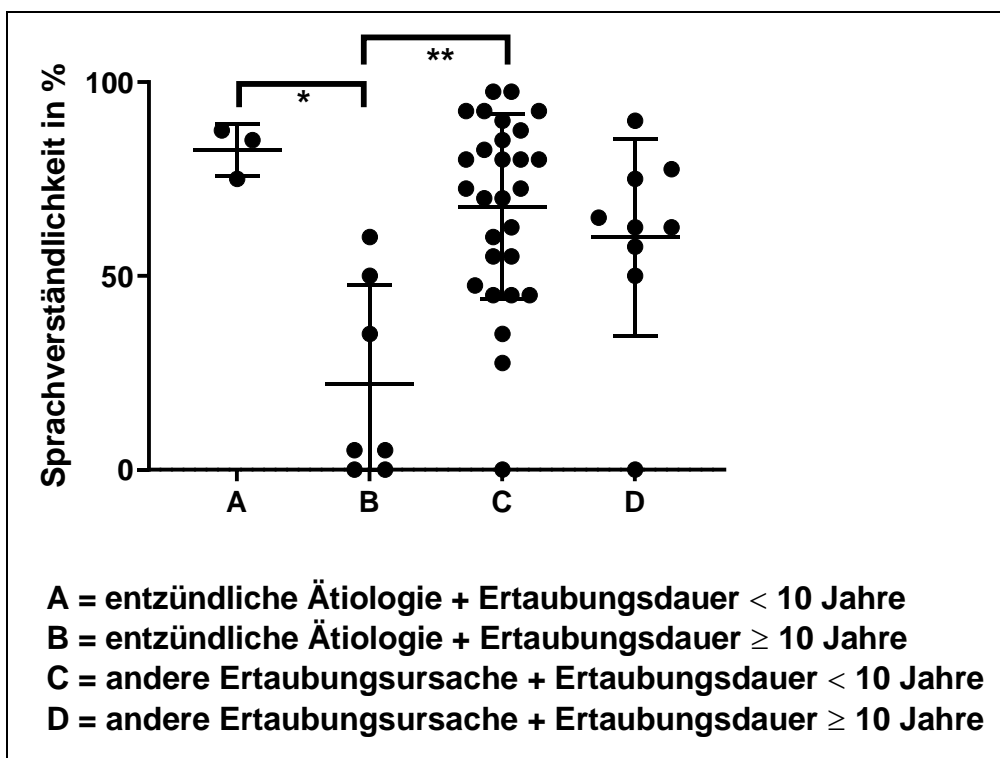


Abbildung 28. Einfluss der Kombination aus Ätiologie und Ertaubungsdauer auf die Sprachverständlichkeit Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL. Aufteilung in die Gruppen A = entzündliche Ätiologie und weniger als zehn Jahre Ertaubungsdauer (n = 3); B = entzündliche Ätiologie und zehn oder mehr als zehn Jahre Ertaubungsdauer (n = 7); C = andere Ursache und weniger als zehn Jahre Ertaubungsdauer (n = 28); D = andere Ursache und zehn oder mehr als zehn Jahre Ertaubungsdauer (n = 9). Dargestellt sind die einzelnen Werte, sowie Median und die 25% und 75% Perzentile. * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; N = 47. Modifiziert und übersetzt mit Nachdruckgenehmigung durch Springer Nature; *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology* (2019); *The impact of etiology and duration of deafness on speech perception outcomes in SSD patients.*; Kurz A, Grubenbecher M, Rak K, Hagen R, Kühn H. (2019)

3.3.4 HSM-Satztest bei 65 dB SPL ohne Störgeräusch

Auch beim HSM-Satztest (Abbildung 29) ist die Verteilungszahl der Daten auf die Gruppen unterschiedlich. Insgesamt liegen Daten von 31 Getesteten vor

(N = 31). Auf die Gruppe A (A = entzündliche Ätiologie und weniger als zehn Jahre Ertaubungsdauer) entfallen 2 (7 %), auf Gruppe B (B = entzündliche Ätiologie und zehn oder mehr als zehn Jahre Ertaubungsdauer) 4 (13 %), auf Gruppe C (C = andere Ursache und weniger als zehn Jahre Ertaubungsdauer) 19 (61 %) und auf Gruppe D (D = andere Ursache und zehn oder mehr als zehn Jahre Ertaubungsdauer) 6 (19 %) Patienten und Patientinnen. Der Median in Gruppe A beträgt 68,6 % (IQR = 59,1 %), in Gruppe B 41 % (IQR = 40 %), in Gruppe C 92 % (IQR = 21 %) und in Gruppe D 57 % (IQR = 49,1 %). Der Mittelwert liegt in Gruppe A bei 68,6 % (SD = 41,8 %), in Gruppe B bei 37,5 % (SD = 21,2 %), in Gruppe C bei 80,2 % (SD = 24 %) und in Gruppe D bei 62 % (SD = 24 %). Der Kruskal Wallis Test zeigte einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen (X^2 (N = 31) = 8,703; $p = 0,0335$). Der Dunn's comparisons Test ergab einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen B und C. Der korrigierte p-Wert betrug zwischen den Gruppen B und C $p = 0,028$.

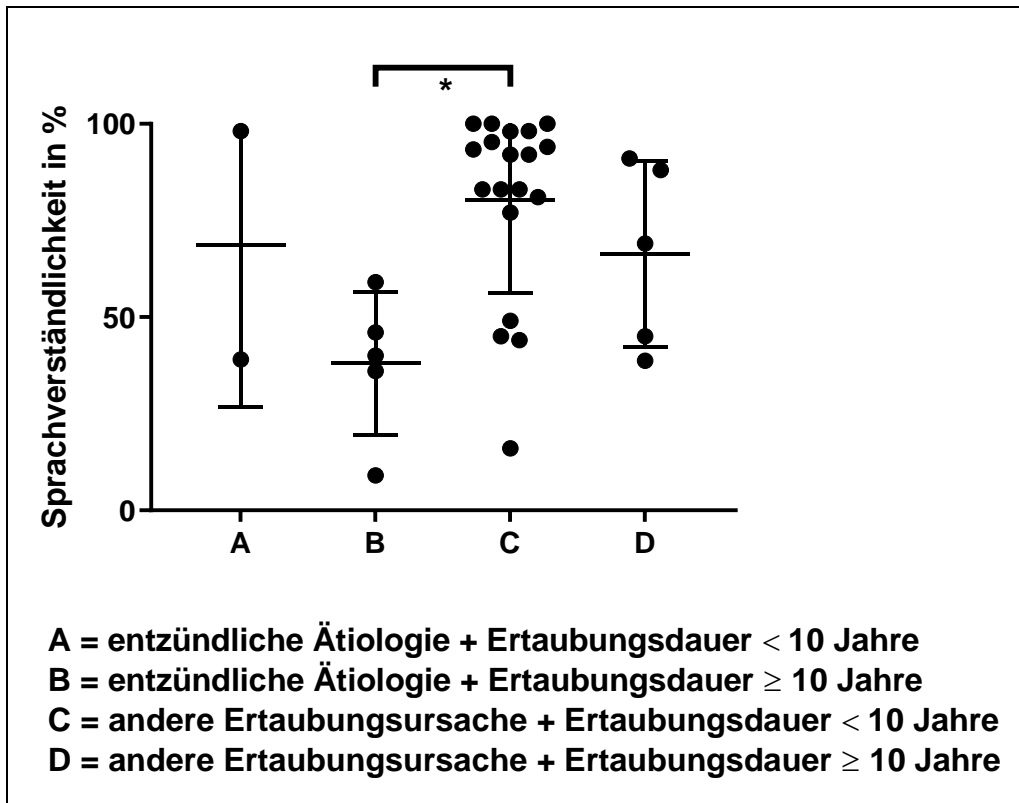


Abbildung 29. Einfluss der Kombination aus Ätiologie und Ertaubungsdauer auf die Sprachverständlichkeit HSM-Satztest bei 65 dB SPL. Aufteilung in die Gruppen A = entzündliche Ätiologie und weniger als zehn Jahre Ertaubungsdauer ($n = 2$); B = entzündliche Ätiologie und zehn oder mehr als zehn Jahre Ertaubungsdauer ($n = 5$); C = andere Ursache und weniger als zehn Jahre Ertaubungsdauer ($n = 19$); D = andere Ursache und zehn oder mehr als zehn Jahre Ertaubungsdauer ($n = 5$). Dargestellt sind die einzelnen Werte, sowie Median und die 25 % und 75 % Perzentile. * = $p < 0,05$; $N = 31$

3.4 Multiple lineare Regression

Im Folgenden wird der Einfluss der Variablen Hörerfahrung (Monate nach Implantation), entzündliche Ätiologie, Ertaubungsdauer (< 10 Jahre oder ≥ 10 Jahre) und die Kombination aus entzündlicher Ätiologie und einer Ertaubungsdauer von ≥ 10 Jahren in je einer multiplen linearen Regression für jeden Sprachverständlichkeitstest getestet.

Die Ergebnisse dieses Teils der Arbeit wurden bereits veröffentlicht unter: Kurz et al. (2019)

3.4.1 Multiple lineare Regression für den Freiburger Zahlentest bei 65 dB SPL

Der Freiburger Zahlentest wurde bei 53 Patienten und Patientinnen durchgeführt. Insgesamt flossen in die Regression 152 Messergebnisse ein. Der R^2 - Wert sowie der F-Wert (mit zugehörigem p-Wert = $\text{Prob} > F$) beschreiben die Erklärungsgüte des Regressionsmodells. R^2 beträgt hier $R^2 = 0,224$, der F-Wert beträgt $F(4; 52) = 15,95$ und ist mit einem p-Wert von $\text{Prob} > F$, $p = < 0,001$ signifikant. Das Modell weist somit eine signifikante Erklärungsgüte auf.

Die „Hörerfahrung“, kategorisiert als Monate nach Implantation, ist mit einem p-Wert von $p = 0,059$ gerade nicht signifikant. Der Regressionskoeffizient beträgt hier $\beta = 0,333$. Auch wenn die Variable nicht signifikant ist, zeigt der positive Koeffizient hier, dass eine positive Tendenz für die Hypothese vorliegt, dass mit steigender Hörerfahrung die Ergebnisse im Sprachverständlichkeitstest besser werden.

Die Variable „Entzündliche Ätiologie“ ohne Berücksichtigung der Ertaubungsdauer, ist mit einem p-Wert von $p = 0,046$ gerade signifikant. Der Regressionskoeffizient beträgt $\beta = 12,964$. Das heißt, im untersuchten Patientenkollektiv scheint eine entzündliche Ätiologie einen signifikant positiven Effekt auf die Ergebnisse im Freiburger Zahlentest zu haben.

Für die Variable „Ertaubungsdauer“ beträgt der Regressionskoeffizient $\beta = -19,158$. Diese Variable ist mit einem p-Wert von $p = 0,133$ hier jedoch nicht signifikant.

Die Variable der Kombination aus einer entzündlichen Ätiologie und einer Ertaubungsdauer über zehn Jahren ist mit einem p-Wert von $p = 0,012$ signifikant. Der Regressionskoeffizient beträgt $\beta = -38,859$. Das heißt, dass im untersuchten Patientenkollektiv die Kombination aus einer entzündlichen Ätiologie und einer Ertaubungsdauer von zehn oder mehr Jahren einen signifikant negativen Einfluss auf die Ergebnisse im Freiburger Zahlentest bei 65 dB SPL hat.

*Tabelle 2. Multiple lineare Regression für den Freiburger Zahlentest bei 65 dB SPL. R^2 = Bestimmtheitsmaß; F = F-Statistik; $\text{Prob} > F = p$ -Wert der F-Statistik; β = Regressionskoeffizient; p = Signifikanz; SE = Standardfehler; * = $p < 0,05$; Modifiziert und übersetzt mit Nachdruckgenehmigung durch Springer Nature; European Archives of Oto-Rhino-Laryngology (2019); The impact of etiology and duration of deafness on speech perception outcomes in SSD patients.; Kurz A, Grubenbecher M, Rak K, Hagen R, Kühn H. (2019)*

Freiburger Zahlentest 65 dB SPL

Multiple lineare Regression

Anzahl Messereignisse = 152; Patientenanzahl = 53;

$R^2 = 0,2241$; $F(4; 52) = 15,95$; $\text{Prob} > F = 0,0000$

| Variable | Regressions- koeffizient β | p | SE |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------|---------|--------|
| Hörerfahrung | 0,332 | 0,059 | 0,172 |
| Entzündliche Ätiologie | 12,964 | 0,046 * | 6,354 |
| Ertaubungsdauer | -19,158 | 0,133 | 12,567 |
| Entzündliche Ätiologie+ Ertaubungsdauer >10 Jahre | -38,859 | 0,012* | 14,869 |

3.4.2 Multiple lineare Regression für den Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL

Der Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL wurde bei 49 Patienten und Patientinnen durchgeführt. Dabei flossen in die Regression 194 Messergebnisse ein. Der R^2 - Wert sowie der F-Wert (mit zugehörigem p-Wert = $\text{Prob} > F$) beschreiben die Erklärungsgüte des Regressionsmodells. R^2 beträgt hier $R^2 = 0,1821$, der F-Wert beträgt $F(4; 48) = 20,51$ und ist mit einem p-Wert von $\text{Prob} > F$, $p = < 0,001$ signifikant. Das Modell weist somit eine signifikante Erklärungsgüte auf.

Die Variable „Hörerfahrung“, kategorisiert als Monate nach Implantation, ist mit einem p-Wert von $p = 0,153$ nicht signifikant. Der Regressionskoeffizient

beträgt hier $\beta = 0,159$. Auch wenn die Variable nicht signifikant ist, zeigt der positive Koeffizient auch hier, dass eine positive Tendenz für die Hypothese vorliegt, dass mit steigender Hörerfahrung die Ergebnisse im Sprachverständlichkeitstest besser werden können.

Für die Variable „Entzündliche Ätiologie“ ohne Berücksichtigung der Ertaubungsdauer beträgt der Regressionskoeffizient $\beta = 26,360$ und ist mit einem p-Wert von $p = 0,018$ signifikant. Das heißt, im vorliegendem Patientenkollektiv scheint eine entzündliche Ätiologie einen signifikant positiven Effekt auf die Ergebnisse im Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL zu haben.

Die Variable „Ertaubungsdauer“ ist mit einem p-Wert von $p = 0,955$ nicht signifikant (Regressionskoeffizient $\beta = -0,283$).

Die Variable der Kombination aus einer entzündlichen Ätiologie und einer Ertaubungsdauer über zehn Jahren ist mit einem p-Wert von $p = <0,001$ hoch signifikant. Der Regressionskoeffizient beträgt $\beta = -55,059$. Das heißt, dass im vorliegendem Patientenkollektiv die Kombination aus einer entzündlichen Ätiologie und einer Ertaubungsdauer von zehn oder mehr als zehn Jahren einen hochsignifikant negativen Einfluss auf die Ergebnisse im Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL hat.

Tabelle 3. Multiple lineare Regression für den Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL. R^2 = Bestimmtheitsmaß; F = F-Statistik; $\text{Prob} > F = p$ -Wert der F-Statistik; β = Regressionskoeffizient; p = Signifikanz; SE = Standardfehler; * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; Modifiziert und übersetzt mit Nachdruckgenehmigung durch Springer Nature; European Archives of Oto-Rhino-Laryngology (2019); The impact of etiology and duration of deafness on speech perception outcomes in SSD patients.; Kurz A, Grubenbecher M, Rak K, Hagen R, Kühn H. (2019)

| Freiburger Einsilbertest 65 dB SPL | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------|-----------|
| Multiple lineare Regression | | | |
| Anzahl Messereignisse = 194; Patientenanzahl = 49; $R^2 = 0,1821$; $F(4; 48) = 20,51$; $\text{Prob} > F = 0,0000$ | | | |
| Variable | Regressions- koeffizient β | p | SE |
| Hörerfahrung | 0,159 | 0,153 | 0,109 |
| Entzündliche Ätiologie | 26,360 | 0,018* | 10,776 |
| Ertaubungsdauer | -0,283 | 0,955 | 5,033 |
| Entzündliche Ätiologie+ Ertaubungsdauer >10 Jahre | -55,059 | <0,001** | 11,795 |

3.4.3 Multiple lineare Regression für den Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL

Der Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL wurde bei 47 Patienten und Patientinnen durchgeführt. Dabei flossen in die Regression 103 Messergebnisse ein. Der R^2 - Wert sowie der F-Wert (mit zugehörigem p-Wert = $\text{Prob} > F$) beschreiben die Erklärungsgüte des Regressionsmodells. R^2 beträgt hier $R^2 = 0,2499$, der F-Wert beträgt $F(4; 46) = 9,92$ und ist mit einem p-Wert von $\text{Prob} > F$, $p = <0,001$ signifikant. Das Modell weist somit eine signifikante Erklärungsgüte auf.

Die Variable „Hörerfahrung“, kategorisiert als „Monate nach Implantation“, ist hier signifikant ($p = 0,019$). Der Regressionskoeffizient beträgt $\beta = 0,365$. Der Regressionskoeffizient ist positiv, d.h. in dem vorliegenden Patientenkollektiv hatte die Variable „Hörerfahrung“ einen signifikant positiven Einfluss auf die Ergebnisse im Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL.

Für die Variable „Entzündliche Ätiologie“ ohne Berücksichtigung der Ertaubungsdauer beträgt der Regressionskoeffizient $\beta = 21,627$ und ist mit einem p-Wert von 0,018 signifikant. Das heißt, im vorliegenden Patientenkollektiv

scheint eine entzündliche Ätiologie einen signifikant positiven Effekt auf die Ergebnisse im Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL zu haben.

Die Variable „Dauer“ ist mit einem p-Wert von $p = 0,814$ nicht signifikant (Regressionskoeffizient $\beta = -1,677$).

Die Variable der Kombination aus einer entzündlichen Ätiologie und einer Ertaubungsdauer über zehn Jahren ist mit einem p-Wert von $p = <0,001$ hoch signifikant. Der Regressionskoeffizient beträgt $\beta = -60,298$. Das heißt, dass im untersuchten Patientenkollektiv die Kombination aus einer entzündlichen Ätiologie und einer Ertaubungsdauer von zehn oder mehr Jahren einen hochsignifikant negativen Einfluss auf die Ergebnisse im Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL hat.

*Tabelle 4. Multiple lineare Regression für den Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL. R^2 = Bestimmtheitsmaß; F = F-Statistik; $\text{Prob} > F = p$ -Wert der F-Statistik; β = Regressionskoeffizient; p = Signifikanz; SE = Standardfehler; * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; Modifiziert und übersetzt mit Nachdruckgenehmigung durch Springer Nature; European Archives of Oto-Rhino-Laryngology (2019); The impact of etiology and duration of deafness on speech perception outcomes in SSD patients.; Kurz A, Grubenbecher M, Rak K, Hagen R, Kühn H. (2019)*

Freiburger Einsilbertest 80 dB SPL

Multiple lineare Regression

Anzahl Messereignisse = 103; Patientenanzahl = 47; $R^2 = 0,2499$;

$F(4; 46) = 9,92$; $\text{Prob} > F = 0,0000$

| Variable | Regressions- koeffizient β | p | SE |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------|--------|
| Hörfahrung | 0,365 | 0,019* | 0,150 |
| Entzündliche Ätiologie | 21,627 | 0,005* | 7,366 |
| Ertaubungsdauer | -1,677 | 0,814 | 7,076 |
| Entzündliche Ätiologie+ Ertaubungsdauer >10 Jahre | -60,298 | <0,001** | 12,196 |

3.4.4 Multiple lineare Regression für den HSM-Satztest ohne Störschall bei 65 dB SPL

Der HSM-Satztest ohne Störschall bei 65 dB SPL wurde bei 31 Patienten und Patientinnen durchgeführt. Dabei flossen in die Regression 66 Messergebnisse ein.

Der R^2 - Wert sowie der F-Wert (mit zugehörigem p-Wert = $\text{Prob} > F$) beschreiben die Erklärungsgüte des Regressionsmodells. R^2 beträgt hier $R^2 = 0,3723$, der F-

Wert beträgt $F(4; 30) = 12,18$ und ist mit einem p-Wert von $\text{Prob} > F, p = <0,001$ signifikant. Das Modell weist somit eine signifikante Erklärungsgüte auf.

Die Variable „Hörerfahrung“, kategorisiert als „Monate nach Implantation“, ist hier signifikant ($p = 0,001$) mit einem Regressionskoeffizienten von $\beta = 0,677$. Der Regressionskoeffizient ist positiv, d.h. in dem vorliegenden Patientenkollektiv hatte die Variable „Hörerfahrung“ einen signifikant positiven Einfluss auf die Ergebnisse im HSM-Satztest bei 65 dB SPL ohne Störschall.

Die Variable „Entzündliche Ätiologie“ ohne Berücksichtigung der Ertaubungsdauer ist hier nicht signifikant ($p = 0,606$), der Regressionskoeffizient beträgt $\beta = 7,398$.

Die Variable „Ertaubungsdauer“ ist mit einem p-Wert von $p = 0,047$ gerade signifikant. Der Regressionskoeffizient beträgt $\beta = -17,998$. Hier hat eine Ertaubungsdauer über 10 Jahren einen signifikant negativen Einfluss auf die Ergebnisse im HSM-Satztest.

Die Variable der Kombination aus einer entzündlichen Ätiologie und einer Ertaubungsdauer über zehn Jahren ist mit einem p-Wert von $p = 0,066$ gerade nicht signifikant. Der Regressionskoeffizient beträgt $\beta = -32,555$. Die statistischen Ergebnisse der Analyse des HSM-Satztestes müssen unter dem Gesichtspunkt der geringeren Anzahl an untersuchten Patienten und Patientinnen und vorliegenden Messergebnissen beurteilt werden.

Tabelle 5. Multiple lineare Regression für den HSM-Satztest bei 65 dB SPL ohne Störschall. R^2 = Bestimmtheitsmaß; F = F-Statistik; $\text{Prob} > F$ = p-Wert der F-Statistik; β = Regressionskoeffizient; p = Signifikanz; SE = Standardfehler; * = $p < 0,05$; Modifiziert und übersetzt mit Nachdruckgenehmigung durch Springer Nature; European Archives of Oto-Rhino-Laryngology (2019); The impact of etiology and duration of deafness on speech perception outcomes in SSD patients.; Kurz A, Grubenbecher M, Rak K, Hagen R, Kühn H. (2019)

HSM Satztest bei 65 dB SPL ohne Störschall

Multiple lineare Regression

Anzahl Messereignisse = 66; Patientenanzahl = 31;

$R^2 = 0,3723$; $F(4;30) = 12,18$; $\text{Prob} > F = 0,0000$

| Variable | Regressions- koeffizient β | p | SE |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------|--------|
| Hörerfahrung | 0,677 | 0,001* | 0,183 |
| Entzündliche Ätiologie | 7,398 | 0,606 | 14,196 |
| Ertaubungsdauer | -17,998 | 0,047* | 8,683 |
| Entzündliche Ätiologie+ Ertaubungsdauer >10 Jahre | -32,555 | 0,066 | 17,050 |

3.5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Im Folgenden werden die Hauptergebnisse sortiert nach den untersuchten Einflussfaktoren zusammengefasst.

3.5.1 Einflussfaktor Hörerfahrung

In allen Sprachverständlichkeitstests wurde eine Hörverbesserung im ersten Jahr durch die Hörerfahrung festgestellt. Der Median stieg bei dem Freiburger Zahlentest bei 65 dB SPL von 75 % nach drei Monaten auf 90 % nach 12 Monaten. Bei dem Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL stieg er im gleichen Zeitraum von 25 % auf 43,8 % und bei dem Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL von 43,8 % auf 67,5 %. Der HSM-Satztest bei 65 dB SPL ohne Störschall zeigte einen Anstieg von 51,9 % nach drei Monaten auf 80 % im ersten Jahr. In der Regressionsanalyse hatte die Hörerfahrung (hier als Monate nach Implantation) bei dem Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL ($p = 0,019$) sowie bei dem HSM-Satztest ($p = 0,001$) einen signifikanten Einfluss.

3.5.2 Einflussfaktor Ertaubungsdauer

3.5.2.1 Korrelation

Das Sprachverstehen war in allen Sprachverständlichkeitstests negativ mit der Ertaubungsdauer korreliert.

Tabelle 6. Korrelation von Ertaubungsdauer und Sprachverständlichkeit in den Sprachverständlichkeitstests. r_s = Spearman Korrelationskoeffizient; p = Signifikanz

| Sprachverständlichkeitstest | Spearman Korrelationkoeffizient | Signifikanz |
|-------------------------------------------|---------------------------------|-------------|
| Freiburger Zahlentest 65 dB SPL | $r_s = -0,276$ | $p = 0,045$ |
| Freiburger Einsilbertest 65 dB SPL | $r_s = -0,326$ | $p = 0,022$ |
| Freiburger Einsilbertest 80 dB SPL | $r_s = -0,365$ | $p = 0,012$ |
| HSM-Satztest 65 dB SPL ohne Störschall | $r_s = -0,359$ | $p = 0,047$ |

3.5.2.2 Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer \geq 10 Jahre

Bei der Aufteilung der Patientenkohorte in über- und unter- zehnjährige Ertaubungsdauer, waren diejenigen mit der kürzeren Ertaubungsdauer denjenigen mit der längeren Ertaubungsdauer in den Sprachverständlichkeitstests statistisch signifikant überlegen.

Tabelle 7. Unterscheidung der Gruppen Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer \geq 10 Jahre in der erreichten Sprachverständlichkeit. p = Signifikanz

| Sprachverständlichkeitstest | Signifikanz |
|-------------------------------------------|-------------|
| Freiburger Zahlentest 65 dB SPL | $p = 0,011$ |
| Freiburger Einsilbertest 65 dB SPL | $p = 0,035$ |
| Freiburger Einsilbertest 80 dB SPL | $p = 0,006$ |
| HSM-Satztest 65 dB SPL ohne Störschall | $p = 0,006$ |

3.5.2.3 Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer \geq 10 Jahre ohne prälingual und perilingual Ertaubte

Um den etwaigen Einfluss prälingual- bzw. perilingual Ertaubter herauszufiltern, wurde die gleiche Analyse auch ohne die Daten der 6 prälingual- bzw. perilingual Ertaubten durchgeführt. Die Unterschiede waren bei dem Freiburger Zahlentest

bei 65 dB SPL, den Einsilbern bei 80 dB SPL, sowie bei dem HSM-Satztest bei 65 dB SPL weiterhin signifikant. Das Signifikanzniveau von $p = 0,05$ wurde bei dem Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL allerdings nicht erreicht.

Tabelle 8. Unterscheidung der Gruppen Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer \geq 10 Jahre in der erreichten Sprachverständlichkeit ohne prä- bzw. perilingual Ertaubte. p = Signifikanz

| Sprachverständlichkeitstest | Signifikanz |
|----------------------------------------|-------------|
| Freiburger Zahlentest 65 dB SPL | $p = 0,014$ |
| Freiburger Einsilbertest 65 dB SPL | $p = 0,119$ |
| Freiburger Einsilbertest 80 dB SPL | $p = 0,005$ |
| HSM-Satztest 65 dB SPL ohne Störschall | $p = 0,029$ |

3.5.2.4 Regressionsanalyse

In der Regressionsanalyse war der Einfluss der Ertaubungsdauer nur bei dem HSM-Satztest signifikant ($p = 0,047$).

3.5.3 Einflussfaktor Ätiologie

Der Einflussfaktor der Ertaubungsdauer war wie oben beschrieben in den Vergleichstests der einzelnen Gruppen zwar signifikant, bei der Regressionsanalyse, bei der die anderen Einflussfaktoren mitberücksichtigt wurden, war der Einfluss jedoch nur beim HSM-Satztest signifikant. Ebenso war in den Gruppen mit kürzerer und längerer Ertaubungsdauer die Streuung recht groß. So gab es Patienten und Patientinnen, die trotz langer Ertaubungsdauer sehr gute Ergebnisse in den Sprachverständlichkeitstests erzielten und umgekehrt. Es zeigte sich in den Daten, dass der Einfluss der Ertaubungsdauer in der Gruppe am größten war, die eine entzündliche Ätiologie aufwies. War die Ertaubungsursache eine andere, so war der Unterschied nicht signifikant. Insgesamt erreichte die Gruppe mit einer entzündlichen Ätiologie und einer Ertaubungsdauer über zehn Jahren in allen Sprachverständlichkeitstests im Durchschnitt die schlechtesten Ergebnisse. Bei dem Freiburger Zahlentest bei 65 dB SPL unterschied sich diese Gruppe signifikant von der Gruppe mit einer

nichtentzündlichen Ätiologie und weniger als zehn Jahren Ertaubungsdauer ($p = 0,012$). Bei dem Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL zeigte die Gruppe mit einer entzündlichen Ätiologie und über zehnjähriger Ertaubungsdauer einen signifikanten Unterschied zur Gruppe mit entzündlicher Ätiologie und weniger als zehnjähriger Ertaubungsdauer ($p = 0,003$), sowie zu den Gruppen mit nichtentzündlicher Ätiologie und weniger als zehnjähriger Ertaubungsdauer ($p = 0,005$) und mehr als zehnjähriger Ertaubungsdauer ($p = 0,015$). Die Gruppe mit entzündlicher Ätiologie und mehr als zehnjähriger Ertaubungsdauer unterschied sich auch bei dem Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL signifikant von der Gruppe mit entzündlicher Ätiologie und weniger als zehnjähriger Ertaubungsdauer ($p = 0,024$), sowie der Gruppe mit nichtentzündlicher Ätiologie und weniger als zehnjähriger Ertaubungsdauer ($p = 0,007$). Beim HSM-Satztest bei 65 dB SPL unterscheidet sich die Gruppe mit einer entzündlichen Ätiologie und über zehnjähriger Ertaubungsdauer signifikant von der Gruppe mit nichtentzündlicher Ätiologie und weniger als zehnjähriger Ertaubungsdauer ($p = 0,028$).

In der Regressionsanalyse zeigte sich für den Einfluss der entzündlichen Ätiologie insgesamt ein positiver Einfluss auf die Ergebnisse. Dieser war bei dem Freiburger Zahlentest ($p = 0,046$), dem Einsilbertest bei 65 dB SPL ($p = 0,018$) und dem Einsilbertest bei 80 dB SPL ($p = 0,005$) signifikant. Jedoch hatte die Kombination aus entzündlicher Ätiologie und über 10-jähriger Ertaubungsdauer in der Regressionsanalyse einen stark negativen Einfluss. Er war bei dem Freiburger Zahlentest ($p = 0,012$), dem Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL ($p = 0,000$) und dem Einsilbertest bei 80 dB SPL ($p = 0,000$) signifikant.

4 Diskussion

Ziel dieser Arbeit war es, einen Überblick über die mit einem Cochlea Implantat versorgten Patienten und Patientinnen zu erhalten und dadurch gegebenenfalls Faktoren ermitteln zu können, die die postoperative Sprachverständlichkeit beeinflussen. Die in dieser Arbeit untersuchten Faktoren werden nachfolgend diskutiert.

4.1 Einflussfaktoren

Mit steigender Hörerfahrung verbesserte sich im untersuchten Patientenkollektiv in allen Sprachverständlichkeitstests die Hörleistung. Die nach 12 Monaten durchgeführten Sprachverständlichkeitstests wiesen die höchste Sprachverständlichkeit und die geringste Streuung der Ergebnisse auf. Die Variable „Hörerfahrung“ war auch in der Regressionsanalyse signifikant (Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL, HSM-Satztest). Dies deckt sich mit Daten aus der Literatur. Lenarz et al. (2012) zeigen einen Anstieg der Hörleistung in der Sprachverständlichkeit in den ersten sechs Monaten und für den Freiburger Einsilbertest einen Anstieg und sogenannte Lernphase im ersten Jahr. Dann ist eine Plateauphase erreicht, in der durch die durchgeführten Sprachverständlichkeitstests keine nennenswerte Verbesserung mehr abgebildet werden kann.

Den individuell besten Wert erreichten die meisten Patienten und Patientinnen innerhalb der ersten zwei Jahre. Einige erreichten diesen jedoch auch erst deutlich später. Die große Bandbreite bezüglich des Zeitpunktes des jeweils besten Ergebnisses könnte mit der individuellen Anpassungskompetenz, der Compliance, sowie dem Hörtraining zusammenhängen. Die Hörerfahrung und das Hörtraining gelten als ein wesentlicher Einflussfaktor für die Sprachverständlichkeit nach Cochlea Implantation (Távora-Vieira; Marino 2019).

Die Ertaubungsdauer ist ein weiterer möglicher Einflussfaktor auf die Hörleistung nach Cochlea Implantation, der in der Literatur beschrieben wird. Die Ertaubungsdauer in der vorliegenden Patientenkohorte variiert stark (unter 1 Jahr

bis 56 Jahre). Insgesamt zeigte die Gruppe der Langzeitertaubten (über 10 Jahre) ohne Berücksichtigung anderer Einflussfaktoren schlechtere Ergebnisse in den Sprachverständlichkeitstests als diejenigen mit einer kürzeren Ertaubungsdauer (weniger 10 Jahre). Diese Beobachtung deckt sich mit den Ergebnissen anderer Autoren (Holden et al. (2013); Blamey et al. (1996); (Blamey et al. 2013)). Arndt et al. (2015) verglichen Kinder mit SSD. Kongenital ertaubte Kinder mit einer langen Ertaubungsdauer waren den Kindern mit einer erworbenen Taubheit und kurzer Ertaubungsdauer tendenziell unterlegen. Andere Autoren konnten dagegen keinen Einfluss der Ertaubungsdauer auf die Hörleistung festmachen. Moon et al. (2014) sehen eher einen Zusammenhang zum Ertaubungsalter statt zur Ertaubungsdauer und empfehlen ausschließlich aufgrund der Ertaubungsdauer keinen Ausschluss von einer Cochlea Implantatversorgung. Ebenso sehen Medina et al. (2017) keine negative Beeinflussung durch eine längere Ertaubungsdauer. Jüngst folgerten Cohen; Svirsky (2019) in ihrer Übersichtsarbeit, dass eine lange Ertaubungsdauer negativ mit dem Sprachverständnis von SSD Patienten und Patientinnen nach Cochlea Implantation korreliert ist. Gleichzeitig kritisieren sie aber auch die geringe statistische Stärke der untersuchten Studien.

Wie oben erwähnt, erreicht die Gruppe der Langzeitertaubten in der vorliegenden Arbeit auch schlechtere Ergebnisse in den Sprachverständlichkeitstests als die Gruppe mit einer kürzeren Ertaubungsdauer. Auffällig ist hier dennoch die große Streuung in den Ergebnissen, was die Annahme stützt, dass die Ertaubungsdauer nicht als alleiniger Indikator für die Prognose nach Cochlea Implantation hinzugezogen werden kann. Es fiel auf, dass innerhalb der Gruppe der Langzeitertaubten diejenigen, deren Taubheit eine entzündliche Ätiologie zugrunde lag, schlechtere Ergebnisse erzielten, als diejenigen deren Ertaubungsursachen andere waren (Kurz et al. 2019). Unter einer entzündlichen Ätiologie wurden Otitis media, Labyrinthitis, Meningitis, Cholesteatom, Mumps und eine nicht näher beschriebene Infektion in der Kindheit zusammengefasst. Die Patientengruppe mit einer entzündlichen Ätiologie und einer kurzen Ertaubungsdauer erzielte hingegen sehr gute Ergebnisse. Interessanterweise zeigt sich in der Gruppe mit

einer anderen/nicht entzündlichen Ätiologie kein signifikanter Unterschied in den Ergebnissen in den Sprachverständlichkeitstests hinsichtlich einer Ertaubungsdauer von mehr oder weniger als zehn Jahren. In der zusätzlich durchgeführten multiplen linearen Regressionsanalyse war die alleinige Unterscheidung der Ertaubungsdauer in über und unter zehn Jahre nicht signifikant. Hochsignifikant war dagegen der negative Einfluss der Kombination aus einer entzündlichen Ätiologie und einer langen Ertaubungsdauer (Kurz et al. 2019). Unter denjenigen mit einer entzündlichen Ätiologie waren auch Patienten und Patientinnen, deren Ertaubungsursache eine Meningitis war. In der aktuellen Leitlinie „Cochlea- Implantat Versorgung und zentral- auditive Implantate“ aus dem Jahr 2020, wird bei bakterieller Meningitis eine frühe Implantation empfohlen, da eine sich in der Folge entwickelnde Obliteration des Labyrinths die intracochleare Implantation erschwert (Deutsche Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Hals-Chirurgie e. V.). Eine frühe Implantation bei Meningitis bedingter Taubheit wird ebenfalls von einigen Autoren empfohlen (Nikolopoulos et al. 2006; Aschendorff et al. 2005). Helmstaedter et al. (2018) untersuchten 35 Kinder, die in Folge einer bakteriellen Meningitis mit einem Cochlea Implantat versorgt wurden und teilweise morphologische Veränderungen (Ossifikation der Cochlea) aufwiesen. Eine Kontrollgruppe mit einer anderen Ätiologie wurde ebenfalls untersucht. Sie konnten zeigen, dass Patienten und Patientinnen mit Verknöcherungen der Cochlea in der Einsilberdiskrimination schlechter abschnitten als Meningitispatienten ohne Veränderungen der Cochlea. Interessanterweise schnitten jedoch Meningitispatienten insgesamt schlechter ab als die Kontrollgruppe. Die Autoren vermuten gegebenenfalls Veränderungen der Nervenbahnen in Folge der Entzündung. Ebenfalls untersuchten bereits Autoren, inwieweit Mumps als Ertaubungsursache einen Einfluss auf das Hörvermögen nach Cochlea Implantation hat. So verglichen Katsushika et al. (2018) die Sprachverständlichkeit von vier in Folge einer Mumpsinfektion beidseitig ertaubten Kindern. Bei drei Kindern wurde innerhalb von 6 Monaten nach Beginn des Hörverlustes und bei einem Kind nach neun Jahren implantiert. Die früh implantierten Kinder erzielten gute, das spät implantierte schlechte Ergebnisse,

weshalb die Autoren bei Mumps eine frühe Cochlea Implantation dringend empfehlen. Hassepass et al. (2013) berichten von drei einseitig Ertaubten aufgrund von Labyrinthitis ossificans mit unterschiedlicher Ertaubungsdauer. Sie empfehlen ebenso eine frühe Implantation aufgrund der Gefahr der Ossifikation sowie der Degeneration der Spiralganglienzellen. Die Möglichkeit des Erhalts der Spiralganglienzellen durch frühzeitige Cochlea Implantation wurde in der Literatur bereits beschrieben (Leake et al. 1999; Nadol, JR 1997). Die Patienten und Patientinnen der hier untersuchten Kohorte wiesen in den präoperativ durchgeführten CT/MRT Aufnahmen keine Ossifikationen oder andere Pathologien auf. Ein möglicher schädigender Einfluss auf die Nervenbahnen, wie bereits von Helmstaedter et al. (2018) für Meningitispatienten vermutet, könnte gegebenenfalls insgesamt durch eine entzündliche Ätiologie hervorgerufen werden. Die Empfehlung zur frühzeitigen Implantation deckt sich mit den hier vorliegenden Daten. Von den zwölf Patienten und Patientinnen, die eine entzündliche Ätiologie aufwiesen, erzielten nur drei gute Ergebnisse in den Sprachverständlichkeitstests. Deren Ertaubungsdauer lag unter zehn Jahren.

4.2 Limitationen

In der retrospektiven Auswertung waren vor allem Limitationen des Datensatzes nicht zu vermeiden. Hier ist insbesondere die Heterogenität des Patientenkollektives zu nennen. Die Patienten und Patientinnen wiesen beispielsweise Unterschiede im Alter, der Ertaubungsdauer, der Ätiologie etc. auf. Dieser Heterogenität wurde versucht durch Gruppierung und Strukturierung des Patientenkollektives in Kategorien zu begegnen. Dies führte unweigerlich zur Minimierung der Patientenzahl in den einzelnen Gruppen, was die statistische Stärke limitiert. In der multiplen linearen Regression konnten mehrere Variablen in einem Verfahren gleichzeitig getestet werden. Trotzdem würde auch hier ein größeres Patientenkollektiv die statistische Fehlerwahrscheinlichkeit senken.

Bei den Sprachverständlichkeitstests wurde die Gegenseite entweder mittels Stöpsel und Schallschutzhörer oder durch Einsteckhörer oder tragbarem Audiometer vertäubt. Die Art der Vertäubung wurde für den vorliegenden

Datensatz nicht näher untersucht. Es ist möglich, dass sich die verschiedenen Arten der Vertäubung in ihrer Wirkung unterscheiden. In weiteren Studien sollte die Vertäubung daher vereinheitlicht werden.

Es wurden Cochlea Implantate unterschiedlicher Hersteller implantiert. Eine Aussage zu etwaigen qualitativen Unterschieden der verschiedenen Cochlea Implantate kann aufgrund der Datengrundlage in dieser Arbeit keine Aussage getroffen werden.

Die Datenerhebung umfasste die Jahre 2009 – 2016. Die Teilnahme an den Nachsorgeterminen in der Klinik war abhängig von der Compliance der Patienten und Patientinnen. Dadurch lagen nicht zu allen Patientenfällen lückenlose Daten zu den Nachsorgeterminen vor. Außerdem wurden die Sprachverständlichkeitstests sowie die Dokumentation von verschiedenen Personen durchgeführt. In der retrospektiven Datenauswertung konnten daher nicht alle Außeneinflüsse geprüft und in die Datenauswertung eingebracht werden.

4.3 Fazit

Nach Cochlea Implantation ist mit steigender Hörerfahrung mit einer Verbesserung der Hörkompetenz zu rechnen. Da das Hörtraining die einzige von den Patienten und Patientinnen direkt beeinflussbare Stellschraube ist, sollte hierauf ein Schwerpunkt in der Nachsorge gelegt und entsprechend zur Mitarbeit motiviert werden.

Es kann ferner geschlussfolgert werden, dass eine frühzeitige Cochlea Implantation bei einer entzündlichen Ätiologie die postoperative Hörleistung positiv beeinflussen könnte. Patienten und Patientinnen mit einer entzündlichen Ätiologie und bereits langer Ertaubungsdauer, wiesen schlechtere Ergebnisse in den Sprachverständlichkeitstests auf als diejenigen mit einer kürzeren Ertaubungsdauer. Ebenso wiesen sie schlechtere Ergebnisse auf als die Gruppe der Langzeitertaubten, deren Ätiologie eine nichtentzündliche war. Der Einfluss der Ertaubungsdauer scheint demnach nicht bei allen Patienten und Patientinnen gleichermaßen zu sein und sollte weiter untersucht werden. Hierbei sollte

aufgrund der Ergebnisse dieser Arbeit in prospektiven Studien auch die der Ertaubung zugrundeliegende Ätiologie mitberücksichtigt werden, um in der Zukunft klinische Empfehlungen aussprechen zu können.

5 Zusammenfassung

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war, einen Überblick über die an der HNO-Universitätsklinik Würzburg in den Jahren zwischen 2009 und 2016 mit einem Cochlea Implantat versorgten einseitig ertaubten Erwachsenen zu bekommen. Es sollten ferner Faktoren ermittelt werden, die die spätere Sprachverständlichkeit beeinflussen.

Der für die vorliegende retrospektive Datenanalyse zur Verfügung stehende Datenkorpus umfasste insgesamt 515 routinemäßig im Rahmen der postoperativen Nachsorge erhobene Sprachverständlichkeitstestergebnisse von 55 Patienten und Patientinnen. Die postoperative Nachsorge beinhaltete Sprachprozessoranpassungen, die in den Intervallen 1, 3, 6 und 12 Monaten nach Implantation und danach jährlich erfolgten. Die Sprachverständlichkeit wurde mit dem Freiburger Zahlentest bei 65 dB SPL, dem Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL und 80 dB SPL, sowie dem HSM-Satztest ohne Störgeräusch bei 65 dB SPL getestet.

Die Ergebnisse in den Sprachverständlichkeitstests wurden sowohl hinsichtlich der Hörerfahrung nach Cochlea- Implantation als auch unter Berücksichtigung patientenspezifischer Einflussfaktoren analysiert. Hierzu zählten die Ertaubungsdauer, die der Taubheit zugrundeliegende Ätiologie, sowie die Kombination aus Ertaubungsdauer und Ätiologie.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen eine Verbesserung der Sprachverständlichkeit mit zunehmender Hörerfahrung. Eine Steigerung der Sprachverständlichkeit zeigte sich insbesondere in den ersten 12 Monaten nach Implantation. Der Median der Sprachverständlichkeit bei der Messung ein Jahr nach Implantation betrug bei den Freiburger Zahlen bei 65 dB SPL 90 % (IQR = 22,5 %), bei den Freiburger Einsilbern bei 65 dB SPL 43,8 % (IQR = 29,4 %), den Freiburger Einsilbern bei 80 dB SPL 67,5 % (IQR = 25,6 %) und beim HSM-Satztest bei 65 dB SPL ohne Störschall 80 % (IQR = 63 %). In der multiplen linearen Regressionsanalyse war der Einfluss der Hörerfahrung (Monate nach OP) bei den Freiburger Einsilbern bei 80 dB SPL ($p = 0,019$), sowie beim HSM-Satztest bei 65 dB SPL ($p = 0,001$) signifikant.

Die Gruppe der Langzeitertaubten (Ertaubungsdauer zehn Jahre und mehr als zehn Jahre) wiesen im Vergleich zu denen mit kürzerer Ertaubungsdauer (Ertaubungsdauer unter zehn Jahre) insgesamt schlechtere Ergebnisse in den Sprachverständlichkeitstests auf. Dies betraf im untersuchten Patientenkollektiv jedoch vorrangig die Patienten und Patientinnen, die neben der langen Ertaubungsdauer eine entzündliche Ätiologie (Otitis media, Labyrinthitis, Meningitis, Cholesteatom, Mumps) in der Ertaubungsursache aufwiesen.

In einer multiplen linearen Regressionsanalyse konnte für den vorliegenden Datensatz bei den Freiburger Zahlen- und Einsilbertests ein signifikanter negativer Einfluss der Kombination aus langer Ertaubungsdauer und entzündlicher Ätiologie auf die Ergebnisse in den Sprachverständlichkeitstests gezeigt werden (Freiburger Zahlen 65 dB SPL $p = 0,012$; Freiburger Einsilber 65 dB SPL $p = <0,001$; Freiburger Einsilber 80 dB SPL $p = <0,001$; HSM-Satztest 65 dB SPL $p = 0,066$).

Eine entzündliche Ätiologie ohne Berücksichtigung der Ertaubungsdauer hatte im vorliegenden Patientenkollektiv in der multiplen linearen Regression einen positiven Einfluss auf die Ergebnisse bei den Freiburger Zahlen- und Einsilbertests (Freiburger Zahlentest 65 dB SPL $p = 0,046$; Freiburger Einsilbertest 65 dB SPL $p = 0,018$; Freiburger Einsilbertest 80 dB SPL $p = 0,005$; HSM-Satztest 65 dB SPL $p = 0,606$).

Auf Grundlage der retrospektiv analysierten Daten, kann mit steigender Hörerfahrung mit einer Verbesserung der Sprachverständlichkeit gerechnet werden. Der Einfluss eines gezielten Hörtrainings sollte weiter untersucht werden.

Einseitig Ertaubte mit einer entzündlichen Ätiologie könnten von einer frühzeitigen Implantation profitieren. Patienten und Patientinnen mit entzündlicher Ätiologie und einer Ertaubungsdauer über zehn Jahren zeigten in den Sprachverständlichkeitstests schlechtere Ergebnisse als die Vergleichsgruppen.

Der Autor empfiehlt weitergehende prospektive Studien, um den Einfluss der Ertaubungsdauer unter Berücksichtigung der zur Ertaubung geführten

Ätiologie weiter zu untersuchen und klinische Empfehlungen aussprechen zu können.

6 Literaturverzeichnis

- Arndt S, Laszig R, Aschendorff A, Beck R, Schild C, Hassepas F, Ihorst G, Kroeger S, Kirchem P, Wesarg T. Einseitige Taubheit und Cochlear-implant-Versorgung: Audiologische Diagnostik und Ergebnisse. *HNO*. 2011;59(5):437–46. doi:10.1007/s00106-011-2318-8.
- Arndt S, Prose S, Laszig R, Wesarg T, Aschendorff A, Hassepas F. Cochlear implantation in children with single-sided deafness: Does aetiology and duration of deafness matter? *Audiol Neurootol*. 2015;20 Suppl 1:21–30. doi:10.1159/000380744.
- Arndt S, Laszig R, Aschendorff A, Hassepas F, Beck R, Wesarg T. Cochlea-implantatversorgung bei einseitiger Taubheit oder asymmetrischem Hörverlust. *HNO*. 2017;65(7):586–98. doi:10.1007/s00106-016-0294-8.
- Aschendorff A, Klenzner T, Laszig R. Deafness after bacterial meningitis: an emergency for early imaging and cochlear implant surgery. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2005;133(6):995–6. doi:10.1016/j.otohns.2005.03.036.
- Avan P, Giraudet F, Büki B. Importance of binaural hearing. *Audiol Neurootol*. 2015;20 Suppl 1:3–6. doi:10.1159/000380741.
- Blamey P, Arndt P, Bergeron F, Bredberg G, Brimacombe J, Facer G, Larky J, Lindström B, Nedzelski J, Peterson A, Shipp D, Staller S, Whitford L. Factors affecting auditory performance of postlinguistically deaf adults using cochlear implants. *Audiol Neurootol*. 1996;1(5):293–306. doi:10.1159/000259212.
- Blamey P, Artieres F, Başkent D, Bergeron F, Beynon A, Burke E, Dillier N, Dowell R, Fraysse B, Gallégo S, Govaerts PJ, Green K, Huber AM, Kleine-Punte A, Maat B, Marx M, Mawman D, Mosnier I, O'Connor AF, O'Leary S, Rousset A, Schauwers K, Skarzynski H, Skarzynski PH, Sterkers O, Terranti A, Truy E, van de Heyning P, Venail F, Vincent C, Lazard DS. Factors affecting auditory performance of postlinguistically deaf adults using cochlear implants: an update with 2251 patients. *Audiol Neurootol*. 2013;18(1):36–47. doi:10.1159/000343189.
- Cohen SM, Svirsky MA. Duration of unilateral auditory deprivation is associated with reduced speech perception after cochlear implantation: A single-sided deafness study. *Cochlear Implants Int*. 2019;20(2):51–6. doi:10.1080/14670100.2018.1550469.
- Deutsche Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Hals-Chirurgie e. V. 017-0711_S2k_Cochlea-Implantat-Versorgung-zentral-auditorische-Implantate_2020-12. https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/017-0711_S2k_Cochlea-Implantat-Versorgung-zentral-auditorische-Implantate_2020-12.pdf. Accessed 13 Dec 2020.
- Döge J, Baumann U, Weissgerber T, Rader T. Single-Sided Deafness: Impact of Cochlear Implantation on Speech Perception in Complex Noise and on Auditory Localization Accuracy. *Otol Neurotol*. 2017;38(10):e563-e569. doi:10.1097/MAO.0000000000001520.
- Ernst A, Battmer R-D, Todt I, Steffens T, editors. *Bilaterale CI-Versorgung heute: Cochlear Implant heute*. Springer Berlin Heidelberg; 2009.

- Gemeinsamer Bundesausschuss. Richtlinie des Gemeinsamen Bundesausschusses über die Verordnung von Hilfsmitteln in der vertragsärztlichen Versorgung: Hilfsmittel-Richtlinie/HilfsM-RL. In: veröffentlicht im Bundesanzeiger (BAnz AT 30.09.2020 B2); 2020.
- Giardina CK, Formeister EJ, Adunka OF. Cochlear Implants in Single-Sided Deafness. *Current Surgery Reports*. 2014;2(12):75. doi:10.1007/s40137-014-0075-9.
- Green KMJ, Bhatt YM, Mawman DJ, O'Driscoll MP, Saeed SR, Ramsden RT, Green MW. Predictors of audiological outcome following cochlear implantation in adults. *Cochlear Implants Int*. 2007;8(1):1–11. doi:10.1179/cim.2007.8.1.1.
- Hasepass F, Schild C, Aschendorff A, Laszig R, Maier W, Beck R, Wesarg T, Arndt S. Clinical outcome after cochlear implantation in patients with unilateral hearing loss due to labyrinthitis ossificans. *Otol Neurotol*. 2013;34(7):1278–83. doi:10.1097/MAO.0b013e3182937ad4.
- Helmstaedter V, Buechner A, Stolle S, Goetz F, Lenarz T, Durisin M. Cochlear implantation in children with meningitis related deafness: The influence of electrode impedance and implant charge on auditory performance - A case control study. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2018;113:102–9. doi:10.1016/j.ijporl.2018.07.034.
- Hochmair-Desoyer I, Schulz E, Moser L, Schmidt M. The HSM sentence test as a tool for evaluating the speech understanding in noise of cochlear implant users. *Am J Otol*. 1997;18(6 Suppl):S83.
- Holden LK, Finley CC, Firszt JB, Holden TA, Brenner C, Potts LG, Gotter BD, Vanderhoof SS, Mispagel K, Heydebrand G, Skinner MW. Factors affecting open-set word recognition in adults with cochlear implants. *Ear Hear*. 2013;34(3):342–60. doi:10.1097/AUD.0b013e3182741aa7.
- Katsushika M, Kashio A, Ogata E, Akamatsu Y, Hoshi Y, Iwasaki S, Yamasoba T. Outcomes of cochlear implantations for mumps deafness: A report of four pediatric cases. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2018;114:76–9. doi:10.1016/j.ijporl.2018.08.027.
- Knight K, Ducasse S, Coetzee A, van der Linde J, Louw A. The effect of age of cochlear implantation on vocal characteristics in children. *S Afr J Commun Disord* 2016. doi:10.4102/sajcd.v63i1.142.
- Kurz A, Grubenbecher M, Rak K, Hagen R, Kühn H. The impact of etiology and duration of deafness on speech perception outcomes in SSD patients. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2019. doi:10.1007/s00405-019-05644-w.
- Leake PA, Hradek GT, Snyder RL. Chronic electrical stimulation by a cochlear implant promotes survival of spiral ganglion neurons after neonatal deafness. *J Comp Neurol*. 1999;412(4):543–62. doi:10.1002/(sici)1096-9861(19991004)412:4<543::aid-cne1>3.0.co;2-3.
- Lenarz M, Sönmez H, Joseph G, Büchner A, Lenarz T. Long-term performance of cochlear implants in postlingually deafened adults. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2012;147(1):112–8. doi:10.1177/0194599812438041.
- Medina MDM, Polo R, Gutierrez A, Muriel A, Vaca M, Perez C, Cordero A, Cobeta I. Cochlear Implantation in Postlingual Adult Patients With Long-Term Auditory Deprivation. *Otol Neurotol*. 2017;38(8):e248-e252. doi:10.1097/MAO.0000000000001257.

- Mertens G, Kleine Punte A, Bodt M de, van de Heyning P. Binaural auditory outcomes in patients with postlingual profound unilateral hearing loss: 3 years after cochlear implantation. *Audiol Neurootol*. 2015;20 Suppl 1:67–72. doi:10.1159/000380751.
- Moon IS, Park S, Kim H-N, Lee W-S, Kim SH, Kim J-H, Choi JY. Is there a deafness duration limit for cochlear implants in post-lingual deaf adults? *Acta Otolaryngol*. 2014;134(2):173–80. doi:10.3109/00016489.2013.850175.
- Nadol JB, JR. Patterns of neural degeneration in the human cochlea and auditory nerve: implications for cochlear implantation. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 1997;117(3 Pt 1):220–8.
- Nikolopoulos TP, Archbold SM, O'Donoghue GM. Does cause of deafness influence outcome after cochlear implantation in children? *Pediatrics*. 2006;118(4):1350–6. doi:10.1542/peds.2006-0502.
- Rahne T, Plontke SK. Functional Result After Cochlear Implantation in Children and Adults With Single-sided Deafness. *Otol Neurotol*. 2016;37(9):e332-40. doi:10.1097/MAO.0000000000000971.
- Schreiber BE, Agrup C, Haskard DO, Luxon LM. Sudden sensorineural hearing loss. *The Lancet*. 2010;375(9721):1203–11. doi:10.1016/S0140-6736(09)62071-7.
- Sharma A, Gilley PM, Dorman MF, Baldwin R. Deprivation-induced cortical reorganization in children with cochlear implants. *Int J Audiol*. 2007;46(9):494–9. doi:10.1080/14992020701524836.
- Sladen DP, Frisch CD, Carlson ML, Driscoll CLW, Torres JH, Zeitler DM. Cochlear implantation for single-sided deafness: A multicenter study. *Laryngoscope*. 2017;127(1):223–8. doi:10.1002/lary.26102.
- Távora-Vieira D, Marino R. Re-training the deaf ear: Auditory training for adult cochlear implant users with singlesided deafness. *Cochlear Implants Int*. 2019;20(5):231–6. doi:10.1080/14670100.2019.1603652.
- Távora-Vieira D, Boisvert I, McMahon CM, Maric V, Rajan GP. Successful outcomes of cochlear implantation in long-term unilateral deafness: brain plasticity? *Neuroreport*. 2013;24(13):724–9. doi:10.1097/WNR.0b013e3283642a93.
- Usami S-I, Kitoh R, Moteki H, Nishio S-Y, Kitano T, Kobayashi M, Shinagawa J, Yokota Y, Sugiyama K, Watanabe K. Etiology of single-sided deafness and asymmetrical hearing loss. *Acta Otolaryngol*. 2017;137(sup565):S2-S7. doi:10.1080/00016489.2017.1300321.
- van de Heyning P, Vermeire K, Diebl M, Nopp P, Anderson I, Ridder D de. Incapacitating unilateral tinnitus in single-sided deafness treated by cochlear implantation. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 2008;117(9):645–52. doi:10.1177/000348940811700903.
- van de Heyning P, Távora-Vieira D, Mertens G, van Rompaey V, Rajan GP, Müller J, Hempel JM, Leander D, Polterauer D, Marx M, Usami S-I, Kitoh R, Miyagawa M, Moteki H, Smilsky K, Baumgartner W-D, Keintzel TG, Sprinzl GM, 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 MDM, Henkin Y, Hilly O, Ulanovski D, Rajeswaran R, Kameswaran M, Di Gregorio MF, Zernotti ME. Towards a Unified Testing Framework for Single-Sided Deafness Studies: A Consensus Paper. *Audiol Neurootol*. 2016;21(6):391–8. doi:10.1159/000455058.

- Vermeire K, van de Heyning P. Binaural hearing after cochlear implantation in subjects with unilateral sensorineural deafness and tinnitus. *Audiol Neurootol*. 2009;14(3):163–71. doi:10.1159/000171478.
- Vincent C, Arndt S, Firszt JB, Fraysse B, Kitterick PT, Papsin BC, Snik A, van de Heyning P, Deguine O, Marx M. Identification and evaluation of cochlear implant candidates with asymmetrical hearing loss. *Audiol Neurootol*. 2015;20 Suppl 1:87–9. doi:10.1159/000380754.
- Wie OB, Pripp AH, Tvette O. Unilateral deafness in adults: Effects on communication and social interaction. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 2010;119(11):772–81.
- Zeitler DM, Dorman MF, Natale SJ, Loiselle L, Yost WA, Gifford RH. Sound Source Localization and Speech Understanding in Complex Listening Environments by Single-sided Deaf Listeners After Cochlear Implantation. *Otol Neurotol*. 2015;36(9):1467–71. doi:10.1097/MAO.0000000000000841.

Appendix

I Abkürzungsverzeichnis

| | |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| AHL | Asymmetric Hearing Lost (dt.: asymmetrischer Hörverlust) |
| ANSD | Auditory Neuropathy Spectrum Disorder |
| Baha® | Bone Anchored Hearing Aid |
| CI | Cochlea Implantat |
| CROS | Contralateral Routing Of Signal |
| CT | Computertomographie |
| dB | Dezibel |
| DIN | Deutsches Institut für Normung |
| engl. | englisch |
| F | F-Wert der F-Statistik. Anteil der erklärten Varianz an der unerklärten Varianz |
| FE | Freiburger Einsilbertest |
| FZ | Freiburger Zahlentest |
| ges. | gesamt |
| HL | Hearing Lost |
| HNO | Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde |
| HSM-Satztest | Hochmair-Schulz-Moser Satztest |
| Hz | Hertz |
| IQR | Interquartile Range (dt.: Interquartilsabstand) |
| MRT | Magnetresonanztomographie |
| N | Gesamtanzahl der Testpopulation |
| n | Patientenanzahl mit gleicher Merkmalsausprägung |
| p | Signifikanz |
| PTA | Pure Tone Average |
| R ² | Gütemaß der linearen Regression |
| rs | Spearman-Korrelationskoeffizient |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|----------|-----------------------------------------------------|
| SD | Standard deviation (dt.: Standardabweichung) |
| SNR | Signal-to-Noise-Ratio |
| SPL | Sound Pressure Level (dt.: Schalldruckpegel) |
| SSD | Single Sided Deafness (dt.: einseitige Taubheit) |
| U | Mann-Whitney-U-Test |
| χ^2 | Kruskal Wallis Test |

II Abbildungsverzeichnis

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 1. Geschlechterverhältnis..... | 13 |
| Abbildung 2. Implantationsalter, Patientenalter und Hörfahrung..... | 14 |
| Abbildung 3. Ertaubungsdauer..... | 15 |
| Abbildung 4. Ertaubungsursache..... | 16 |
| Abbildung 5. Median der Sprachverständlichkeit in den Jahren nach Cochlea Implantation bei den Freiburger Zahlen bei 65 dB SPL..... | 23 |
| Abbildung 6. Median der Sprachverständlichkeit in den Jahren nach Cochlea Implantation bei den Freiburger Einsilbern bei 65 dB SPL..... | 25 |
| Abbildung 7. Median der Sprachverständlichkeit in den Jahren nach Cochlea Implantation bei den Freiburger Einsilbern bei 80 dB SPL..... | 27 |
| Abbildung 8. Median der Sprachverständlichkeit in den Jahren nach Cochlea Implantation beim HSM-Satztest bei 65 dB SPL..... | 28 |
| Abbildung 9. Wert und Zeitpunkt des besten Ergebnisses in den Sprachverständlichkeitstests..... | 30 |
| Abbildung 10. Korrelation der Ertaubungsdauer mit der Sprachverständlichkeit beim Freiburger Zahlentest bei 65 dB SPL..... | 31 |
| Abbildung 11. Performanceklassen nach Sprachverständlichkeit und jeweilige Ertaubungsdauer beim Freiburger Zahlentest bei 65 dB SPL..... | 32 |
| Abbildung 12. Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer ≥ 10 Jahre beim Freiburger Zahlentest bei 65 dB SPL..... | 33 |
| Abbildung 13. Korrelation der Ertaubungsdauer mit der Sprachverständlichkeit beim Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL..... | 34 |
| Abbildung 14. Performanceklassen nach Sprachverständlichkeit und jeweilige Ertaubungsdauer beim Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL..... | 35 |
| Abbildung 15. Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer ≥ 10 Jahre beim Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL..... | 36 |
| Abbildung 16. Korrelation der Ertaubungsdauer mit der Sprachverständlichkeit beim Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL..... | 37 |
| Abbildung 17. Performanceklassen nach Sprachverständlichkeit und jeweilige Ertaubungsdauer beim Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL..... | 38 |
| Abbildung 18. Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer ≥ 10 Jahre beim Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL..... | 40 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 19. Korrelation der Ertaubungsdauer mit der Sprachverständlichkeit beim HSM-Satztest bei 65 dB SPL. | 41 |
| Abbildung 20. Performanceklassen nach Sprachverständlichkeit und jeweilige Ertaubungsdauer beim HSM-Satztest bei 65 dB SPL..... | 42 |
| Abbildung 21. Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer ≥ 10 Jahre beim HSM-Satztest bei 65 dB SPL. | 43 |
| Abbildung 22. Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer ≥ 10 Jahre beim Freiburger Zahlentest bei 65 dB SPL ohne prä- und perilingual Ertaubte. | 44 |
| Abbildung 23. Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer ≥ 10 Jahre beim Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL ohne prä- und perilingual Ertaubte. | 45 |
| Abbildung 24. Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer ≥ 10 Jahre beim Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL ohne prä- und perilingual Ertaubte. | 46 |
| Abbildung 25. Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer ≥ 10 Jahre beim HSM-Satztest ohne prä- und perilingual Ertaubte. | 47 |
| Abbildung 26. Einfluss der Kombination aus Ätiologie und Ertaubungsdauer auf die Sprachverständlichkeit beim Freiburger Zahlentest bei 65 dB SPL. | 49 |
| Abbildung 27. Einfluss der Kombination aus Ätiologie und Ertaubungsdauer auf die Sprachverständlichkeit Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL. | 51 |
| Abbildung 28. Einfluss der Kombination aus Ätiologie und Ertaubungsdauer auf die Sprachverständlichkeit Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL. | 52 |
| Abbildung 29. Einfluss der Kombination aus Ätiologie und Ertaubungsdauer auf die Sprachverständlichkeit HSM-Satztest bei 65 dB SPL..... | 54 |

III Tabellenverzeichnis

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 1. Einschlusskriterien der in dieser Arbeit untersuchten Patienten und Patientinnen..... | 13 |
| Tabelle 2. Multiple lineare Regression für den Freiburger Zahlentest bei 65 dB SPL. . | 56 |
| Tabelle 3. Multiple lineare Regression für den Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL. | 58 |
| Tabelle 4. Multiple lineare Regression für den Freiburger Einsilbertest bei 80 dB SPL. | 59 |
| Tabelle 5. Multiple lineare Regression für den HSM-Satztest bei 65 dB SPL ohne Störschall. | 61 |
| Tabelle 6. Korrelation von Ertaubungsdauer und Sprachverständlichkeit in den Sprachverständlichkeitstests..... | 63 |
| Tabelle 7. Unterscheidung der Gruppen Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer ≥ 10 Jahre in der erreichten Sprachverständlichkeit..... | 63 |
| Tabelle 8. Unterscheidung der Gruppen Ertaubungsdauer < 10 Jahre versus Ertaubungsdauer ≥ 10 Jahre in der erreichten Sprachverständlichkeit ohne prä- bzw. perilingual Ertaubte..... | 64 |

IV Danksagung

Lebenslauf und Danksagung sind aus Datenschutzgründen nicht Teil der Onlinefassung

V Lebenslauf

Lebenslauf und Danksagung sind aus Datenschutzgründen nicht Teil der Onlinefassung

VI Eigene Publikationen

Teile dieser Arbeit wurden bereits veröffentlicht unter:

Kurz A., Grubenbecher M., Rak K., Hagen R., Kühn H. The impact of etiology and duration of deafness on speech perception outcomes in SSD patients. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2019 Dec;276(12):3317-3325. doi: 10.1007/s00405-019-05644-w. Epub 2019 Sep 18. PMID: 31535291.

Kurz, A., Grubenbecher, M., Zanzinger, M., Hagen, R., Rak, K., & Kühn, H. (2019). 10 Jahre SSD Implantation in Würzburg – eine kritische Betrachtung. 22. *Jahrestagung Der Deutschen Gesellschaft Für Audiologie.* <https://doi.org/10.3205/19DGA117>