

Aus der
**Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde
der Ludwig-Maximilians-Universität München**
Direktor: Prof. Dr. med. Alexander Berghaus

**Effekte eines strukturierten intensiven Hörtrainings auf die
kommunikative Kompetenz von Cochlea Implantat-Trägern**

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

vorgelegt von
Helen Wizemann
aus Tübingen
2017

**Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München**

Berichterstatter: Priv. Doz. Dr. med. Maria Schuster
Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. Markus Suckfüll
Priv. Doz. Dr. med. habil. Jesus Bujia
Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter: Prof. Dr. med. Joachim Müller,
Dr. rer. biol. hum. Stephanie Rühl
Weitere Mitbetreuung durch: Dipl. Ing. Daniel Leander
Dekan: Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel

Tag der mündlichen Prüfung: 23. 02. 2017

MEINER FAMILIE UND MEINEM FREUND GEWIDMET

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| Abkürzungsverzeichnis..... | 7 |
| 1. Einleitung | 8 |
| 1.1. Anatomie des Ohres | 9 |
| 1.2. Der Hörvorgang..... | 11 |
| 1.3. Definition von Schwerhörigkeit | 11 |
| 1.4. Einteilung und Ursachen der Schwerhörigkeit..... | 13 |
| 1.5. Prävalenz der Schwerhörigkeit..... | 14 |
| 1.6. Folgen der Schwerhörigkeit | 15 |
| 1.7. Therapie der Schwerhörigkeit | 16 |
| 1.8. Aufbau und Funktionsweise eines Cochlea Implantats..... | 18 |
| 1.9. Rehabilitation nach CI-Implantation | 21 |
| 1.10. Auswirkungen der CI-Versorgung auf Hörvermögen und Lebensqualität | 22 |
| 1.11. Grenzen der CI-Versorgung | 23 |
| 1.12. Verbesserung des Sprachverstehens durch aktives Hörtraining..... | 24 |
| 1.13. Zielsetzung und Fragestellung..... | 26 |
| 2. Patienten, Material und Methoden..... | 27 |
| 2.1. Studiendesign | 27 |
| 2.2. Patienten | 28 |
| 2.3. terzo®-Gehörtherapie..... | 31 |
| 2.4. Aufbau und Durchführung der sprachperzeptiven Tests..... | 32 |
| 2.4.1. Tonaudiogramm | 32 |
| 2.4.2. Aufblähkurve | 33 |
| 2.4.3. Freiburger Sprachverständlichkeitstest | 33 |
| 2.4.4. Oldenburger Satztest (OLSA)..... | 34 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 2.5. | Aufbau und Durchführung der Befragung | 37 |
| 2.5.1. | Nijmegen Cochlear Implant Questionnaire (NCIQ) | 37 |
| 2.5.2. | Studien-Fragebogen | 38 |
| 2.6. | Statistische Auswertung | 39 |
| 3. | Ergebnisse | 41 |
| 3.1. | Sprachverständlichkeitstests in Ruhe | 41 |
| 3.1.1. | Freiburger Einsilbertest..... | 41 |
| 3.1.2. | OLSA | 42 |
| 3.2. | Sprachverständlichkeitstests im Störgeräusch..... | 43 |
| 3.2.1. | Freiburger Einsilbertest..... | 43 |
| 3.2.2. | OLSA | 44 |
| 3.3. | Auswertung verschiedener Einflussfaktoren auf den Lerneffekt im Störgeräusch..... | 47 |
| 3.3.1. | Lerneffekt in Abhängigkeit vom Alter der Patienten | 47 |
| 3.3.2. | Lerneffekt in Abhängigkeit von der CI-Erfahrung | 48 |
| 3.3.3. | Lerneffekt in Abhängigkeit von der Performance zu Beginn der Studie..... | 50 |
| 3.3.4. | Lerneffekt in Abhängigkeit von dem Zeitraum zwischen dem Beginn des Hörverlustes bis zur CI-Operation | 51 |
| 3.4. | Fragebögen | 53 |
| 3.4.1. | NCIQ..... | 53 |
| 3.4.2. | Studien-Fragebogen | 55 |
| 3.4.3. | terzo@-Trainingshandbuch | 58 |
| 4. | Diskussion | 59 |
| 4.1. | Bedeutung eines aktiven Hörtrainings für das Sprachverständnis in Ruhe und im Störgeräusch | 59 |
| 4.2. | Einfluss verschiedener Faktoren auf den Lerneffekt im Störgeräusch..... | 63 |
| 4.3. | Bedeutung eines aktiven Hörtrainings für das subjektive Sprachverständnis..... | 66 |
| 4.4. | Anhaltender Lerneffekt | 68 |

| | |
|--|------------|
| 4.5. Rückschlüsse für die Praxis..... | 69 |
| 4.5.1. Sprachverständlichkeitstests | 69 |
| 4.5.2. Fragebögen..... | 70 |
| 4.5.3. Trainingsmaterial | 70 |
| 4.6. Ausblick..... | 71 |
| 5. Zusammenfassung..... | 73 |
| 6. Literaturverzeichnis..... | 75 |
| 7. Abbildungsverzeichnis..... | 80 |
| 8. Tabellenverzeichnis..... | 82 |
| 9. Anhang | 85 |
| 9.1. Die Geschichte des Cochlea Implantats | 85 |
| 9.2. Patienteninformation | 86 |
| 9.3. NCIQ | 94 |
| 9.4. Studien-Fragebogen..... | 96 |
| 9.5. Daten und Auswertungen: Freiburger Einsilbertest in Ruhe..... | 98 |
| 9.6. Daten und Auswertungen: Freiburger Einsilbertest im Störgeräusch..... | 103 |
| 9.7. Daten und Auswertungen: OLSA in Ruhe | 108 |
| 9.8. Daten und Auswertungen: OLSA im Störgeräusch | 113 |
| 9.9. Daten und Auswertungen: Fragebögen | 128 |
| 10. Danksagung..... | 134 |
| 11. Eidesstattliche Versicherung..... | 135 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|-------|---|
| bzw. | beziehungsweise |
| ca. | circa |
| CI | Cochlea Implantat |
| CIS | Continuous Interleaved Sampling |
| dB | Dezibel |
| EAS | elektrisch-akustische Stimulation |
| etc. | et cetera |
| FSP | Feinstrukturstrategie |
| FS4 | Feinstrukturstrategie |
| GBI | Glasgow Benefit Inventory |
| HG | Hörgerät |
| Hz | Hertz |
| KHz | Kilohertz |
| Min. | Minuten |
| MW | Mittelwert |
| NCIQ | Nijmegen Cochlear Implant Questionnaire |
| OLSA | Oldenburger Satztest |
| OP | Operation |
| s. | siehe |
| SD | Standardabweichung |
| SES | Schallempfindungsstörung |
| SLS | Schalleitungsstörung |
| SNR | Signal-to-noise ratio/ Signal-Rausch-Verhältnis |
| SPL | Schalldruckpegel |
| SVS | Sprachverständlichkeitsschwelle |
| u. a. | unter anderem |
| vs. | versus |
| WHO | World Health Organization |
| z. B. | zum Beispiel |

1. Einleitung

Das Hören ermöglicht den Menschen das Verstehen von Sprache, die Wahrnehmung von Musik und Emotionen, die akustische Orientierung im Raum sowie das Erkennen von Gefahren [1]. Durch eine Beeinträchtigung des Gehörs wird die Lebensqualität der Betroffenen häufig erheblich reduziert. Meist stellt vor allem die zwischenmenschliche Kommunikation Schwierigkeiten dar [2]. Alltag und Sozialleben werden dadurch negativ beeinflusst. Um Einschränkungen im privaten oder beruflichen Leben der Schwerhörigen zu vermeiden, sollte eine möglichst frühzeitige Therapie angestrebt werden. Je nach Schweregrad und Lokalisation der Schwerhörigkeit stehen unterschiedliche Therapiemöglichkeiten zur Verfügung. Mit der Entwicklung des Cochlea Implantats (CI), einer elektrischen Innenohrprothese, gelingt es heutzutage häufig, vollständig Ertaubten oder hochgradig Schwerhörigen ein offenes Sprachverständnis zu ermöglichen [3-5]. Dafür kann allerdings nach der CI-Implantation ein langwieriger Lernvorgang erforderlich sein. Um einen größtmöglichen Nutzen mit der CI-Versorgung zu erlangen, ist eine umfangreiche Rehabilitation notwendig [6]. Trotz eines intensiven Hör- und Sprachtrainings im Rahmen der Rehabilitation, ist das erzielbare Sprachverstehen individuell sehr unterschiedlich und hängt von zahlreichen Faktoren ab. Neben der Erkrankungsgeschichte spielen die Motivation und die Lernfähigkeit der Patienten eine maßgebende Rolle [2]. Für viele CI-Träger bereitet trotz langer CI-Erfahrung vor allem das Verstehen von Sprache in geräuschvoller Umgebung Schwierigkeiten [7]. Die hier vorliegende Arbeit widmet sich der Fragestellung, inwiefern durch aktives Hörtraining eine Verbesserung des Sprachverstehens bei erfahrenen CI-Trägern auftritt und somit das Hören mit dem CI in Alltagssituationen optimiert werden kann.

1.1. Anatomie des Ohres

Das Ohr gliedert sich anatomisch in drei Abschnitte: das Außen-, Mittel- und Innenohr.

Das äußere Ohr besteht aus der Ohrmuschel (Auricula) und dem äußeren Gehörgang (Meatus acusticus externus). Die Grenze zum Mittelohr stellt das Trommelfell (Membrana tympanica) dar.

Das Mittelohr besteht aus der Paukenhöhle (Cavitas tympani), dem Antrum mastoideum und den Mastoidzellen sowie aus der Eustachischen Röhre (Tuba auditiva). In der luftgefüllten mit Schleimhaut ausgekleideten Paukenhöhle befindet sich die Gehörknöchelchenkette (Ossicula tympani), bestehend aus Amboss (Incus), Hammer (Malleus) und Steigbügel (Stapes). Die Paukenhöhle ist durch das runde und das ovale Fenster mit dem Innenohr verbunden. [8]

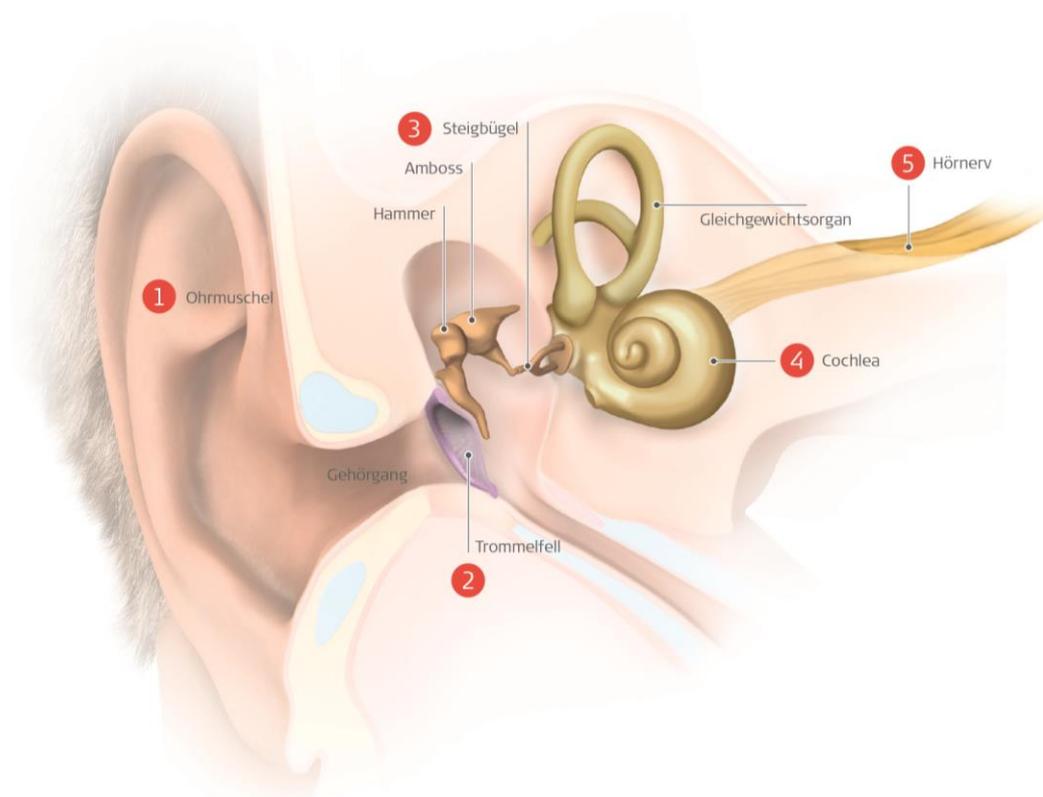


Abb. 1: Anatomie des Ohres
(Quelle: www.medel.com)

Das Innenohr liegt im Felsenbein und enthält das Hör- und Gleichgewichtsorgan. Es besteht aus einem komplexen Kanalsystem, auch knöchernes Labyrinth genannt, in dem das sogenannte häutige Labyrinth (membranöses Labyrinth) liegt. Zu dem knöchernen

Labyrinth gehört die Schnecke (Cochlea), in welcher das Hörorgan sitzt, sowie der Vorhof mit den Vorhofsäckchen des Gleichgewichtsorgans, die Knochenkanäle für die Bogengänge und der innere Gehörgang (Meatus acusticus internus), in welchem der Hör- und Gleichgewichtsnerv (Nervus vestibulocochlearis) verläuft. Die Cochlea unterteilt sich in drei verschiedene Gänge: die Scala vestibuli, Scala tympani und den Ductus cochlearis. Diese drei Gänge sind durch die Reissner-Membran und die Basilarmembran voneinander getrennt. Auf der Basilarmembran innerhalb des Ductus cochlearis sitzt das eigentliche Hörorgan, das Corti-Organ. Das Corti-Organ trägt die Sinneszellen (Haarzellen) des Innenohres, welche mit ihren Spitzen (Stereovilli) in die gallertige Tektorialmembran hineinragen. [8]

Während Außen- und Mittelohr Luft enthalten, ist das Innenohr mit einer Flüssigkeit gefüllt. Die natriumreiche Perilymphe befindet sich in der Scala vestibuli sowie in der Scala tympani. Der Ductus cochlearis ist mit der kaliumreichen Endolymphe gefüllt. [9]

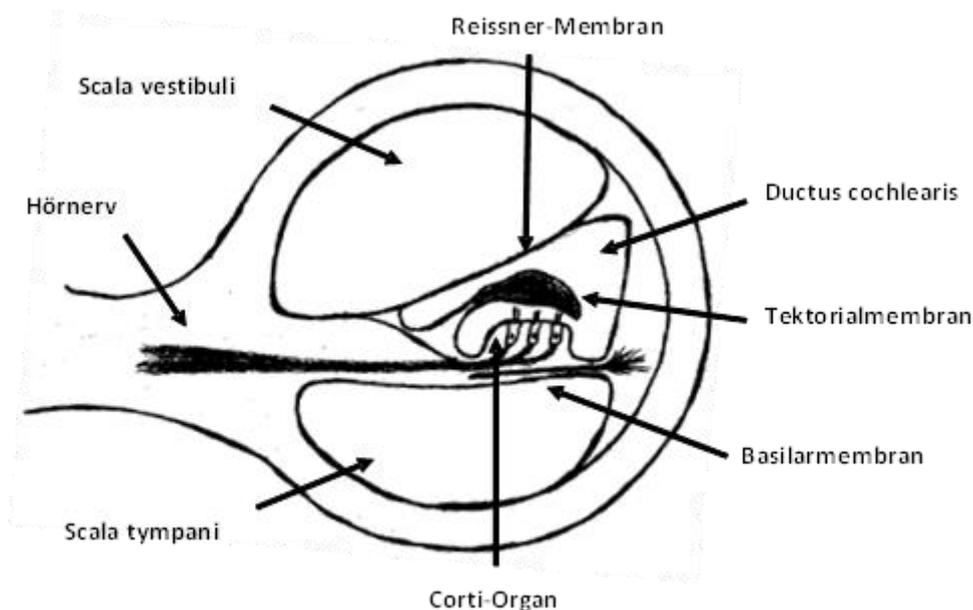


Abb. 2.: Querschnitt der Cochlea
(Abbildung erstellt nach [8])

1.2. Der Hörvorgang

Der Hörvorgang ist ein komplexer Prozess, der dazu dient Sprache, Musik oder Umweltgeräusche, die als Schallwellen auf das Ohr treffen, aufzunehmen, zu verarbeiten und an das Gehirn weiterzuleiten [2].

Mit dem Hörvorgang werden akustische Reize in elektrische Signale umgewandelt. Das Außenohr ist durch die Ohrmuschel und den äußeren Gehörgang wie eine Art Trichter aufgebaut, der den Schall an das Trommelfell weiterleitet. Durch die Trichterform kommt es zu einer richtungsabhängigen Verstärkung der Schallwellen [2]. Das Trommelfell wird in mechanische Schwingungen versetzt, die über die Gehörknöchelchenkette und das ovale Fenster auf die Perilymphe der Scala vestibuli übertragen werden. Die Schallwelle bewegt sich als Wanderwelle in Richtung Schneckenspitze (Helicotrema) und wird anschließend über die Scala tympani zurück zur Schneckenbasis geleitet. Die Basilarmembran wird so zum Schwingen gebracht. Dabei wird der maximale Ausschlag der Wanderwelle in Abhängigkeit von der Frequenz an verschiedenen Orten der Basilarmembran erreicht, bei hohen Frequenzen in der Nähe der Basis und bei tiefen Frequenzen in der Nähe der Spitze der Cochlea. Die Auslenkung der Basilarmembran führt durch das Abknicken der Stereozilien zur Erregung der Haarzellen. Die entstehenden Aktionspotenziale, werden über den Hörnerv (Nervus vestibulocochlearis) ans Gehirn geleitet und dort als Höreindrücke wahrgenommen. [8]

1.3. Definition von Schwerhörigkeit

Der Hörbereich ist der Frequenz- und Schalldruckbereich, in dem Luftschallwellen vom menschlichen Gehör wahrgenommen werden. Bei normal hörenden Menschen liegt dieser in einem Frequenzbereich zwischen 16 Hz und 20 KHz. In Bezug auf den Schalldruck weist der Hörbereich eine untere Grenze, die sogenannte Hörschwelle (0 dB bei 1000 Hz) und eine obere Grenze, die sogenannte Schmerzgrenze (130-140 dB) auf [10]. Das menschliche Hörorgan reagiert am empfindlichsten auf die Frequenzen der menschlichen Sprache (Hauptsprachbereich: 250-4000 Hz; 40-80 dB) [11]. [10]

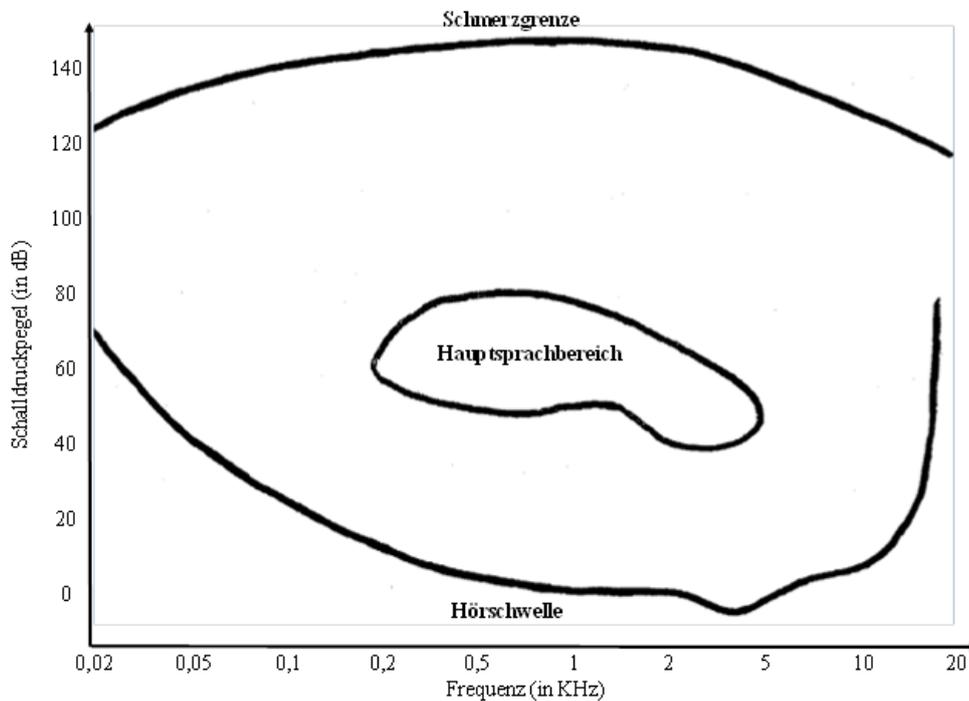


Abb. 3: Hörbereich des Menschen
(Abbildung erstellt nach [9])

Kommt es zu einer Verminderung des Hörvermögens, liegt eine Schwerhörigkeit (Hypakusis) vor. Diese kann von einer geringfügigen Beeinträchtigung bis zu einer vollständigen Gehörlosigkeit reichen. Der Grad einer Schwerhörigkeit kann durch die Messung der Hörschwelle und dem anschließendem Vergleich mit der Hörschwelle eines Normalhörendem bestimmt werden.

Nach Einschätzungen der WHO unterteilt sich die Schwerhörigkeit in fünf Grade [12, 13]

- Grad 0 – Normalhörig (Hörverlust von 25 dB oder weniger)¹
Flüstersprache wird verstanden
- Grad I – geringgradige Schwerhörigkeit (Hörverlust von 26-40 dB)
Umgangssprache wird 1 Meter vor dem Ohr verstanden
- Grad II - mittelgradige Schwerhörigkeit (Hörverlust von 41- 60 dB)
lautes Sprechen wird 1 Meter vor dem Ohr verstanden

¹ mittlerer Hörverlust im Reintonaudiogram. Für den mittleren Hörverlust werden für jedes Ohr getrennt die Mittelwerte des Hörverlustes aus den Frequenzen 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz und 4000 Hz ermittelt.
(13)

- Grad III - hochgradige Schwerhörigkeit (Hörverlust von 61-80 dB)
einige Worte werden bei sehr lautem Sprechen auf dem besseren Ohr verstanden
- Grad IV - Resthörigkeit oder Taubheit (Hörverlust von 81 dB oder mehr)
keinerlei Sprachverständnis bei maximaler Lautstärke

In Deutschland wird zur Begutachtung der Schwerhörigkeit die Tabelle nach Feldmann herangezogen [14]. Mit dieser wird der prozentuale Hörverlust beider Ohren bestimmt [15]. Die Einteilung der Schwerhörigkeit erfolgt je nach Ausmaß in sechs unterschiedliche Grade

- | | |
|---|--------------------|
| • normalhörig | 0-20 % Hörverlust |
| • geringgradige Schwerhörigkeit | 20-40 % Hörverlust |
| • mittelgradige Schwerhörigkeit | 40-60 % Hörverlust |
| • hochgradige Schwerhörigkeit | 60-80 % Hörverlust |
| • an Taubheit grenzende Schwerhörigkeit | 80-95 % Hörverlust |
| • Taubheit | 100 % Hörverlust |

1.4. Einteilung und Ursachen der Schwerhörigkeit

Grundsätzlich werden je nach Sitz der Ursache drei verschiedene Formen der Schwerhörigkeit unterschieden: Die Schalleitungsschwerhörigkeit (SLS), die Schallempfindungsschwerhörigkeit (SES), sowie die Schallverarbeitungsstörung, die in die neurale und zentrale Schwerhörigkeit unterteilt wird [16]. Liegen eine SLS und eine SES gemeinsam vor, wird dies als kombinierte Schwerhörigkeit bezeichnet.

Bei der SLS ist die Schallweiterleitung zum Innenohr gestört. Dementsprechend ist das Außen- oder Mittelohr betroffen. Im Bereich des Außenohres kann die Ursache für die Hörstörung eine Verlegung des äußeren Gehörganges durch Cerumen (Ohrenschmalz) oder eine Gehörgangentzündung sein. Eine Mittelohrentzündung, ein Mittelohrerguss, ein Cholesteatom, eine Otosklerose oder ein Glomustumor können die Entstehung einer SLS im Mittelohr verursachen. [17]

Bei der SES handelt es sich um eine Schwerhörigkeit, die durch eine Schädigung oder Funktionsschwäche des Innenohres hervorgerufen wird. Meistens liegt ein Defekt, eine Rückbildung oder ein Ausfall der sensorischen Haarzellen vor [5]. Die beiden häufigsten Ursachen der SES sind die Presbyakusis (Altersschwerhörigkeit) und die Lärmschwerhörigkeit. Weiterhin kann eine SES u. a. durch toxische Medikamente, Infektionskrankheiten sowie durch einen Hörsturz verursacht werden oder genetisch bedingt sein. [16]

Eine neurale Schwerhörigkeit liegt vor, wenn der Hörnerv beschädigt oder nicht mehr vorhanden ist. Häufig sind Tumore oder entzündlich bedingte Zerstörungen des Felsenbeins dafür verantwortlich. [16]

Bei der zentralen Schwerhörigkeit liegt eine Störung der Hörbahnen oder der Hörrinde vor, sodass Nervensignale aus dem Innenohr nicht richtig interpretiert werden können. Traumata, Hirninfarkte, Blutungen, Tumore oder Entzündungen kommen dabei als Ursache in Betracht. [16]

1.5. Prävalenz der Schwerhörigkeit

Laut der „Global Burden of Disease“-Studie der WHO ist die Schwerhörigkeit die häufigste Sinnesbehinderung in der Bevölkerung [13]. Im Jahr 2000 waren weltweit mehr als 250 Millionen Menschen davon betroffen.

Durch Sohn und Jörgenshaus wurde im Jahre 1999 eine repräsentative Untersuchung von Hörgeschädigten in Deutschland erfasst [18]. Demnach sind etwa 19% der über 14-Jährigen in der Bundesrepublik von einer Hörbeeinträchtigung betroffen. Im Jahr 2001 waren dies in etwa 13,2 Millionen Menschen [16]. Die tatsächliche Anzahl der Schwerhörigen muss allerdings höher angesetzt werden, da in Sohns Studie die unter 14-Jährigen nicht berücksichtigt wurden und die Behandlungsbedürftigkeit der Hörgeschädigten erst ab einer Hörminderung von 40 dB determiniert wurde [16]. Nach WHO-Definition liegt hingegen eine geringgradige Schwerhörigkeit bereits ab einem Hörverlust von 26-40 dB vor [12].

Im Jahr 2013 lebten gemäß einer Pressemitteilung des Statistischen Bundesamtes 7,5 Millionen schwerbehinderte Menschen in Deutschland [19]. Hiervon waren 4% – sprich ca. 300.000 Menschen – von einer Schwerhörigkeit, Gleichgewichts- oder Sprachstörung

betroffen. Allerdings umfasst die Statistik nur Schwerhörige mit gültigem Ausweis und einem Behinderungsgrad von mindestens 50%. Die tatsächliche Zahl der Schwerhörigen kann folglich unter Berücksichtigung aller auch von geringgradiger Schwerhörigkeit betroffener Menschen wesentlich höher angenommen werden.

Zukünftig ist von einer steigenden Anzahl an Schwerhörigen auszugehen [20]. Ursachen hierfür sind die steigende Lebenserwartung und die zunehmende Belastung durch Umwelt- und Freizeitlärm [21].

1.6. Folgen der Schwerhörigkeit

Um die Folgen einer Schwerhörigkeit zu verstehen, bedarf es einer Erläuterung der Hörfunktionen. Richtberg beschreibt vier Funktionen des Hörens: Alarmierungsfunktion, Orientierungsfunktion, emotional-ästhetische Funktion und Kommunikationsfunktion [22, 23]. Die Alarmierungsfunktion ist für das Erkennen von Gefahren zuständig. Aus einer Vielzahl von Alltagsgeräuschen werden akustische Signale (zum Beispiel: das Läuten eines Weckers oder Telefons, das Hupen eines Autos oder Hilfeschreie) herausgefiltert, die beim Menschen Mechanismen des Selbstschutzes beziehungsweise erlernte Verhaltensmuster auslösen [23]. Die Orientierungsfunktion ist durch das Vorhandensein von zwei Ohren für das präzise Lokalisieren von Schallquellen verantwortlich und ermöglicht somit eine Orientierung im Raum [24]. Die emotional-ästhetische Funktion dient der Wahrnehmung von Gefühlen und Stimmungslagen, ausgedrückt durch die Betonung und Melodik der gesagten Wörter. Der Kommunikationsfunktion kann vielleicht die bedeutungsvollste Funktion des Hörens beigemessen werden. Denn die zwischenmenschliche Kommunikation ermöglicht die Teilnahme am gesellschaftlichen Leben. [23]

Die Einschränkung oder der Verlust dieser Funktionen beeinträchtigt das Leben der Schwerhörigen erheblich. So bestehen durch die Schwerhörigkeit Gefahren im alltäglichen Leben. Oft werden durch das Nachlassen der Alarmierungsfunktion vertraute Geräusche oder Warnsignale nicht mehr erkannt. Die Betroffenen fühlen sich häufig

unsicher und sind mit üblichen Situationen, wie sie zum Beispiel im Straßenverkehr vorkommen, überfordert [23].

Das Zitat „Nicht sehen können trennt von den Dingen - Nicht hören können trennt von den Menschen“ von Immanuel Kant oder wie es die taubblinde Schriftstellerin Helen Keller formulierte „Blindheit trennt von den Dingen, Taubheit von den Menschen“ unterstreicht welche Folgen Einschränkungen in der Kommunikations- und emotional-ästhetischen Funktion für die betroffenen Menschen haben können [2]. Oft entsteht durch zahlreiche Missverständnisse im Alltag eine Verunsicherung und innere Unzufriedenheit. Daraus kann ein vermindertes Selbstwertgefühl resultieren. Die Schwerhörigen fühlen sich in Gesellschaft nicht mehr wohl und versuchen zwischenmenschliche Interaktionen zu vermeiden. Infolgedessen kommt es zu einer Verstärkung der sozialen Isolation. Die erhöhte Konzentration, die von Schwerhörigen in alltäglichen Situationen aufgebracht werden muss, führt zu Erschöpfung und Müdigkeit. Schlafstörungen, Migräne sowie Depressionen können die Folge sein. Oft wird die Lebensqualität der Schwerhörigen durch zusätzliche Ohrgeräusche (Tinnitus) negativ beeinflusst [25]. [2]

Tritt eine Schwerhörigkeit im Kindesalter auf, so äußert sich dies häufig durch Artikulationsstörungen, Sprachentwicklungsverzögerungen sowie durch geistige Retardierung [26].

1.7. Therapie der Schwerhörigkeit

Um das Hörvermögen und damit die Lebensqualität von Schwerhörigen zu verbessern, sollten frühzeitig Versorgungsmaßnahmen ergriffen werden. In Abhängigkeit von der Ursache, dem Ausmaß und der Lokalisation der Schwerhörigkeit stehen verschiedene Therapiemöglichkeiten zur Verfügung.

Schalleitungsstörungen im Bereich des Außen- oder Mittelohres werden, je nachdem welche Erkrankung vorliegt, überwiegend konservativ oder operativ behandelt [27].

Bei einer Schallempfindungsstörung liegt meist eine irreparable Destruktion des Innenohres vor. Weder Medikamente noch Operationen können hier Erfolg versprechend helfen die Hörfähigkeit wieder herzustellen. Als Therapiemittel werden Geräte eingesetzt, die entweder durch Schallverstärkung die Hörbarkeit von Sprache verbessern (Hörgeräte)

oder die den Schall in elektrische Pulse umwandeln und so die Funktion des Innenohres imitieren (Cochlea Implantate) [28].

Laut der Neufassung der Hilfsmittel-Richtlinien des Gemeinsamen Bundesausschusses im Jahr 2008 muss für die Indikation eines Hörgerätes (HG) der Hörverlust auf dem besseren Ohr mit mindestens 30 dB in mindestens einer der Prüffrequenzen zwischen 0,5 und 3 KHz angegeben werden [29]. Zusätzlich darf die Sprachverständlichkeit bei 65 dB nicht größer als 80% sein. Liegt eine einseitige Hörbeeinträchtigung vor, muss der Hörverlust bei mindestens zwei Prüffrequenzen zwischen 0,5 und 3 KHz oder bei 2 KHz mindestens 30 dB ausmachen. [29]

Cochlea Implantate kommen vor allem bei hochgradig Schwerhörigen oder vollständig Ertaubten mit cochleärer Störung zum Einsatz. Grundvoraussetzung für die Implantation eines CIs ist allerdings ein intakter Hörnerv, eine angelegte Cochlea und eine funktionierende Hörbahn im zentralen Nervensystem, ohne die die Übertragung der akustischen Informationen nicht stattfinden kann [28, 30]. Gemäß der Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Halschirurgie ist ein CI dann indiziert, wenn ein Hörgerät zum besseren Sprachverständnis nicht mehr ausreicht beziehungsweise durch das CI ein vorteilhafteres Hören erzielt werden kann [31]. Dies trifft laut einer Studie von Klenzner et al. dann zu, wenn der Betroffene mit einem bestmöglich eingestellten Hörgerät bei 70 dB SPL (Schalldruckpegel) weniger als 30% der Worte im Freiburger Einsilbertest hören kann [32].

Bei taub geborenen oder vor bzw. während des Spracherwerbs (prä- bzw. perilingual) ertaubten Kindern ist eine CI-Versorgung indiziert. Es wird eine möglichst frühzeitige Therapie angestrebt, um die sensiblen Phasen der Hörbahnreifung optimal ausnutzen zu können [33-35]. In den ersten Lebensjahren entwickeln sich bei Normalhörenden die Hörbahnen durch akustische Stimulation [36, 37]. Bleibt diese aufgrund einer Schwerhörigkeit aus oder werden Kinder nicht rechtzeitig mit CIs versorgt, kommt es zu einer erheblichen Verzögerung und Einschränkung der sprachlichen Entwicklung [38]. Um therapiebedürftige Hörstörungen rechtzeitig zu erkennen, wurde in Deutschland im Jahr 2009 das Neugeborenen-Hörscreening eingeführt [39].

Bei nach dem Spracherwerb (postlingual) ertaubten oder resthörigen Kindern und Erwachsenen besteht laut oben genannter Leitlinie eine grundsätzliche Indikation zur Cochlea Implantation. Bei vor dem Spracherwerb (prälingual) gehörlosen Erwachsenen ist eine Versorgung mit einem CI in ausgewählten Fällen angezeigt.

Früher wurde eine unilaterale (einseitige) CI-Versorgung bei beidseitig Ertaubten als Standardversorgung betrachtet. Der Indikationsbereich für eine CI-Implantation hat sich allerdings in den vergangenen Jahren erweitert. Laut zahlreicher Studien ziehen beidseitig Ertaubte aus der bilateralen (beidseitigen) CI-Versorgung einen großen Nutzen [40-44]. Das beidohrige (binaurale) Hören ist für das Richtungshören, die räumliche Orientierung sowie die Ortung von Schallquellen von großer Bedeutung [5]. Auch die Sprachverständlichkeit im Störgeräusch wird deutlich verbessert und eine adäquate Hörqualität wird ermöglicht [5]. In Studien von Jacob et al. und Arndt et al. konnte nachgewiesen werden, dass auch einseitig Schwerhörige durch eine Versorgung des ertaubten Ohres mit einem CI profitieren [45, 46]. Die Wiederherstellung des Richtungshörens trägt für die Betroffenen wesentlich zur Verbesserung der Lebensqualität bei.

1.8. Aufbau und Funktionsweise eines Cochlea Implantats

Cochlea Implantate sind elektronische Hörprothesen, die die Aufgabe des Innenohrs nachahmen. Sie wandeln Schall in elektrische Pulse um, die den Hörnerv direkt stimulieren [2]. Die Schallweiterleitung über das Trommelfell und die Gehörknöchelchenkette wird somit umgangen. Demzufolge ersetzen CIs die Aufgabe des Innenohres und die des Mittelohres [5].

CIs bestehen aus einem digitalen Sprachprozessor mit integriertem Mikrofon, einer Spule, einem Implantat und einem Elektrodenträger. Während Sprachprozessor und Spule zu den externen Bestandteilen eines CIs gehören und hinter dem Ohr getragen werden, müssen die internen Komponenten – Implantat und Elektrodenträger – operativ eingesetzt werden. Das Implantat wird dabei hinter dem Ohr unter der Kopfhaut positioniert. Der Elektrodenträger, der 8 bis 24 Einzelelektroden beherbergt, wird in die Cochlea eingeführt und nahe am Hörnerv platziert [5]. [2]

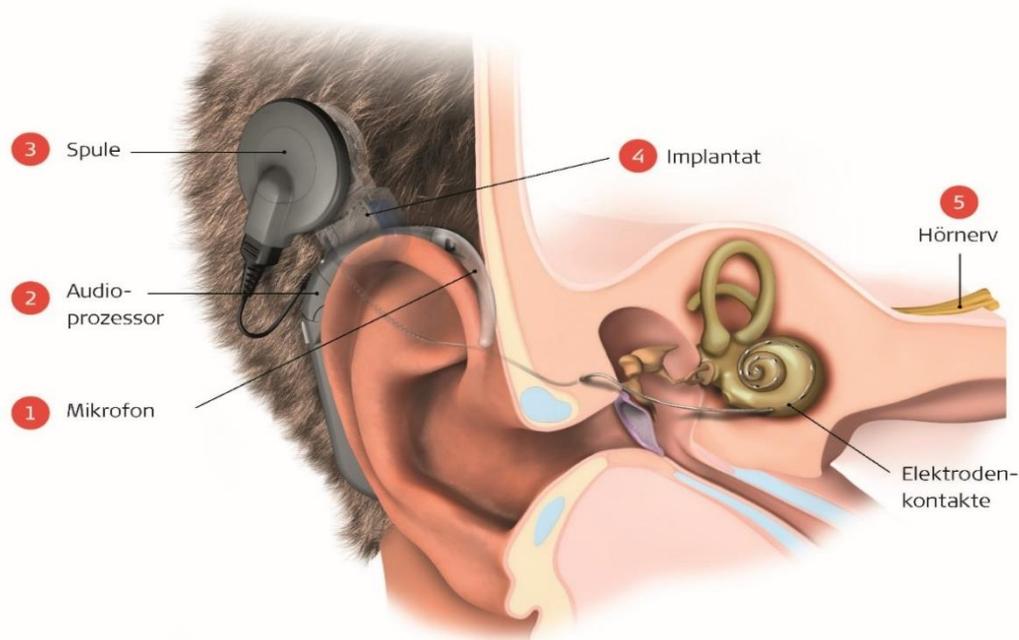


Abb. 4: Aufbau eines Cochlea-Implantats
(Quelle: www.medel.com (MED-EL bezeichnet seine Sprachprozessoren als Audioprozessoren))

Das Mikrofon des Sprachprozessors dient der Aufnahme von akustischen Signalen (Sprache, Umgebungsgeräusche etc.). Im Sprachprozessor werden die Signale verarbeitet und in ein spezielles digitales Stimulationsmuster umgewandelt. Vorab werden sie durch komprimierende Verstärkung auf den Dynamikbereich des CIs gebracht [47]. Dieser liegt im Vergleich zum gesunden Ohr (0-120 dB) nur bei 3-30 dB [48]. Um eine möglichst detaillierte Sprachwahrnehmung zu ermöglichen, müssen Frequenz, Intensität und Zeitverlauf des akustischen Signals sowie charakteristische Sprachmerkmale im Sprachprozessor analysiert werden. Dies geschieht durch einen komplexen Vorgang bei dem durch Digitalisierung, Auftrennung in verschiedene Frequenzbänder – entsprechend der Anzahl der Elektrodenkontakte des Elektrodenträgers – und Selektion der für die Sprachwahrnehmung wichtigen Informationen letztendlich die Umkodierung des Sprachsignals in ein digitales Stimulationsmuster erfolgt [47]. Diese Verarbeitung wird zusammenfassend Sprachkodierungsstrategie genannt. Das digitalisierte Pulsmuster wird anschließend zur Spule weitergeleitet und von dort durch die intakte Haut zu dem Implantat übertragen. Das Implantat entschlüsselt das digitale Signal und setzt es in ein

elektrisches Pulsmuster um, welches an die Elektrodenkontakte des Elektroenträgers in die Cochlea weitergeleitet wird. Im Hörnerv werden infolgedessen Aktionspotenziale ausgelöst, die an das Hörzentrum im Gehirn geleitet werden. Dort werden diese als akustisches Ereignis wahrgenommen. Dadurch dass die Elektrodenkontakte des Elektroenträgers an verschiedenen Stellen in der Cochlea platziert sind, kann eine tonotopie Erregung des Hörnervs erzielt werden und es entstehen Hörwahrnehmungen unterschiedlicher Frequenzen [5]. Tiefe Frequenzen werden an der Schneckenspitze der Cochlea übertragen, hohe Frequenzen an der Schneckenbasis. [2]

Zunehmende Kenntnisse auf dem Gebiet der Hörphysiologie und technische Weiterentwicklungen der Cochlea Implantate, wie die modernen Sprachverarbeitungsstrategien, haben in den letzten Jahrzehnten zu einem besseren Sprachverständnis insbesondere im Geräusch geführt [49]. Das Ziel aller Sprachkodierungsstrategien ist es, die Frequenzen des akustischen Signals durch die räumliche und zeitliche Verteilung der elektrischen Reize in der Cochlea möglichst genau abzubilden. Die von Wilson im Jahre 1991 entwickelte CIS-Strategie (Continuous Interleaved Sampling) zeichnet sich durch schnelle Reizfolgen und hohe Reizraten aus [3, 5, 50]. Bei der CIS-Strategie wird das akustische Signal in Frequenzbänder aufgespalten, deren Schallenergie die Stromamplitude für die Elektroden moduliert. Die einzelnen Elektrodenkanäle werden anschließend nacheinander angesteuert. So können Kanalinterferenzen vermieden werden. Alle CI-Hersteller (Advanced Bionics, Cochlear, MED-EL und Oticon Medical) haben in der Zwischenzeit eine mehr oder weniger modifizierte CIS-Strategie in ihre Systeme eingebaut [47, 51]. [47]

Neueste Entwicklungen wie die FS4- und FS4-p-Feinstrukturstrategien der Firma MED-EL sollen eine bessere Musik- und Geräuschwahrnehmung ermöglichen [52]. Dies soll durch eine weitere Annäherung an das natürliche Hören geschehen, bei dem sowohl Orts- als auch Zeitinformationen in einem akustischen Signal zur Tonhöhenwahrnehmung verwendet werden. Zusätzlich zur Ortskodierung soll bei diesen modernen Strategien nun die Darbietung zeitlicher Feinstruktur die Tonhöhenunterscheidung optimieren. [53]

1.9. Rehabilitation nach CI-Implantation

Die alleinige Implantation eines CIs führt nicht immer zu einem besseren Sprachverständnis. Dafür kann ein langwieriger Lernvorgang erforderlich sein. Für einen größtmöglichen Erfolg sollte nach der Implantation eine lebenslange und zu Beginn intensive Nachsorge erfolgen [2].

Die Voraussetzung für ein gutes Hören stellt die individuelle Anpassung des Sprachprozessors dar. Die Erstanpassung findet nach der Einheilungsphase des Implantates etwa vier Wochen nach der Operation statt. Für alle bereitgestellten Elektroden erfolgt die Bestimmung der C (comfortable)- und T (threshold)-Werte. Der C-Wert stellt die Stromstärke dar, die für die Herstellung einer für den CI-Träger angenehmen Lautstärke benötigt wird. Durch den T-Wert wird die Hörschwelle bestimmt. Daraufhin erfolgt die erste Aktivierung des CIs. Die Stärke der Stimulation muss dabei individuell angepasst werden. Die ersten Hörimpressionen werden von vielen CI-Trägern oft nicht als Sprache wahrgenommen, sondern eher als Rauschen oder Pfeiftonkonzert. [2] Bei Kleinkindern stellt die Anpassung aufgrund der eingeschränkten oder nicht vorhandenen Mitarbeit eine besondere Herausforderung dar. Dank der telemetrischen Übertragung neuester Implantate können nun Potenziale des Hirnnervens nach elektrischer Stimulierung aufgezeichnet werden [47]. Somit ist die Beobachtung des Verhaltens nicht mehr das einzige Hilfsmittel.

In den folgenden Wochen nach der Erstanpassung finden im Rahmen der Rehabilitation zahlreiche Folgeanpassungen statt. Begleitet werden diese von Hör- und Sprachtherapien sowie von audiometrischen Untersuchungen und ärztlichen Kontrolluntersuchungen. Eine CI-Rehabilitation erfordert somit eine enge Zusammenarbeit zwischen Ärzten, Audiologen, Pädagogen und Psychologen.

Laut der Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde und Kopf- und Halschirurgie können die Rehabilitationsmaßnahmen je nach den individuellen Voraussetzungen der Patienten stationär, teilstationär oder ambulant in der implantierenden Klinik oder in speziellen CI-Zentren durchgeführt werden [31]. In einer kürzlich veröffentlichten Studie von Zeh und Baumann wurde die Notwendigkeit und Wirksamkeit der stationären Rehabilitationsmaßnahmen belegt [54]. Demnach können alle CI-Träger unabhängig von Alter, Ertaubungsdauer oder der CI- Erfahrung einen Vorteil daraus ziehen.

Das Ziel der Rehabilitation bei Kindern ist die Förderung der Hör- und Sprachentwicklung und der kommunikativen Fähigkeiten [31]. Während prälingual ertaubte Kinder das Hören neu erlernen müssen, „verfügen postlingual ertaubte Erwachsene über ein neuronal angelegtes differenziertes Hör-Sprach-System. In der Rehabilitation geht es darum, die neuen Hörimpulse mit den bestehenden neuronalen Mustern in Einklang zu bringen“ [6]. Bei Erwachsenen steht die Verbesserung der Kommunikation und somit die Integration in den privaten und beruflichen Alltag im Mittelpunkt der Rehabilitation. Erwachsene CI-Träger müssen das Hören und Verstehen mit den neuen Hörimpressionen teilweise mühsam in kleinen Schritten wieder erlernen. Anfangs wird die Geräuschwahrnehmung und -diskrimination trainiert, später erfolgen Übungen zur rhythmisch-prosodischen Sprachstruktur und zur Vokal- und Konsonantenunterscheidung. Daraufhin werden das Verstehen von Zahlen und Wörtern und anschließend das Satzverstehen geübt. Zuletzt wird das Telefonieren trainiert, gefolgt vom Sprachverstehen in geräuschvoller Umgebung. Die unterschiedlichen Voraussetzungen und der individuelle Lernerfolg der CI-Träger müssen bei der Durchführung und Vorgehensweise des Hörtrainings berücksichtigt werden [55]. [6]

Nach der Rehabilitation finden in regelmäßigen Abständen Nachsorgekontrollen in der operierenden Klinik statt. In der Nachsorge wird das Hörvermögen überprüft und Sprachprozessoreinstellungen können optimiert werden. Weiterhin finden Beratungen, medizinische Kontrollen sowie technische Kontrollen des CIs statt.

1.10. Auswirkungen der CI-Versorgung auf Hörvermögen und Lebensqualität

In zahlreichen Studien konnte bei CI-Trägern eine signifikante Verbesserung des Hörvermögens nachgewiesen werden [3-5, 35, 40, 45, 50, 56-61]. Das erreichbare Hörvermögen der CI-Träger ist individuell sehr unterschiedlich und hängt stark von der Motivation, Geduld und Lernfähigkeit der Patienten sowie von der Intensität des postoperativen Hör- und Sprachtrainings ab. Eine ebenso wichtige Rolle spielt die Erkrankungsgeschichte. Dabei sind vor allem der Zeitpunkt der Hörbeeinträchtigung

(prä-/peri-/ oder postlingual), die Ertaubungsdauer, der Zeitraum zwischen dem Hörverlust und der Implantation wie auch die Hörgerät-Erfahrung vor der CI-Operation entscheidend. Vor allem postlingual ertaubte Patienten mit kurzer Ertaubungsdauer haben die besten Chancen ein offenes Sprachverständnis zu erreichen ohne dabei auf das Lippenlesen angewiesen zu sein. [2]

Eine CI-Operation wirkt sich nicht nur auf das Hörvermögen aus. Gemäß dem im Jahre 2000 entwickelten Fragebogen Nijmegen Cochlear Implant Questionnaire (NCIQ) profitieren CI-Träger durch die Implantation nicht nur auf dem Gebiet der Körperfunktion sondern auch in psychologischen und sozialen Bereichen [62]. Auch in vielen weiteren Studien konnte belegt werden, dass die Implantation eines CIs die Lebensqualität der Betroffenen erheblich verbessert [63-68]. So wird durch das (wieder-) erlangte Hörvermögen die lautsprachliche Kommunikationsfähigkeit (wieder-) ermöglicht. Postlingual Ertaubten verhilft ein CI somit wieder zur Teilhabe am sozialen Leben. Durch das bessere Hören und Verstehen lässt die Erschöpfung und Unzufriedenheit nach. Mo et al. konnten nachweisen, dass durch den Gewinn an Lebensqualität, sowohl Depressionen als auch Angstgefühle bei den CI-Trägern reduziert werden [69]. Die Rückgewinnung des Selbstvertrauens und der Unabhängigkeit führt meist zur Befreiung aus der sozialen Isolierung. Häufig kann durch das bessere Sprachverständnis der (erlernte) Beruf wieder ausgeübt werden. Prä- und perilingual ertaubten Kindern wird durch die frühzeitige Implantation (am besten vor dem zweiten Lebensjahr) eine angemessene Hör-/Sprachentwicklung ermöglicht [70]. Dadurch gelingt es den Kindern meist die Regelschule zu besuchen [71].

1.11. Grenzen der CI-Versorgung

Unter optimalen Bedingungen ist es CI-Trägern möglich, ein Sprachverstehen zu erlernen, das dem Sprachverstehen von Normalhörenden ähnelt. Jedoch kann das erreichbare Hörvermögen durch ein CI nicht mit dem eines gesunden Ohres gleichgesetzt werden. Gemäß Hahne et al. ist bei CI-Trägern durch die limitierte Signalqualität des CIs auch bei gutem Sprachverständnis die Sprachverarbeitung erschwert [72]. Diese

Erkenntnis wird mit der vorrangigen Verarbeitung von semantischen Informationen begründet. Die syntaktischen Informationen werden bei CI-Trägern weniger in Anspruch genommen als bei Normalhörenden [73]. Dies ist auf die technologischen Limitierungen zurückzuführen, welche heutzutage noch keinen vollständigen Ersatz des komplexen Hörmechanismus ermöglichen. Letztendlich geht die Sprachsignalübertragung durch ein CI stets mit einer reduzierten Frequenz-, Intensitäts- und Zeitauflösung sowie mit einer Verminderung der sprachlichen Information einher [74]. Die Frequenzauflösung des CIs mit 8-24 Elektroden ist im Vergleich zur gesunden Cochlea mit mehreren zehntausend Sinneszellen eingeschränkt. Infolgedessen kann nur ein Teil des natürlichen Hörspektrums herangezogen werden. Die CI-Träger müssen sich deshalb oft mit einem eingeschränkten Musikempfinden und einem verminderten Hörvermögen vor allem im Störgeräusch zurechtfinden. [75]

1.12. Verbesserung des Sprachverstehens durch aktives Hörtraining

Im ersten Jahr nach der CI-Operation trägt aktives Hörtraining zu einer Verbesserung des Sprachverstehens der CI-Träger bei [54]. Bislang fehlte jedoch der Nachweis, dass sich intensives Hörtraining auch bei bereits erfahrenen CI-Trägern positiv auf das Sprachverstehen auswirkt. Im Jahre 2005 konnten Fu et al. mit ihrer Studie erstmals belegen, dass durch aktives Hörtraining das Sprachverstehen von CI-Trägern erheblich verbessert wird [76]. Sie untersuchten über einen Zeitraum von vier bis 16 Wochen zehn Patienten mit mindestens einjähriger CI-Erfahrung. Als Trainingsmaterial diente ein PC-gestütztes Hörtraining aus einsilbigen und sinnfreien Wörtern in Ruhe. Die Ergebnisse zeigten signifikante Verbesserungen im Unterscheiden von Konsonanten und Vokalen um 16 bzw. 13 Prozentpunkte sowie im Satzverstehen um 28 Prozentpunkte. Ein positiver Nutzen von aktivem Hörtraining konnte auch in weiterführenden Studien von Fu et al. bei leistungsschwachen und bei gut hörenden CI-Trägern beobachtet werden [7]. Fu et al. erklären die Wirksamkeit von Hörtraining durch die auditive Formbarkeit (Plastizität). Demnach reicht passives Training durch tägliche Hörerfahrungen nicht aus, um die Plastizität des zentralen Hörbahnsystems optimal ausschöpfen zu können.

Vielmehr wird dafür aktives Training benötigt und somit versucht das bestmögliche Sprachverständnis zu erlangen [7].

Ein weiterer Nachweis über die Effektivität von aktivem Hörtraining, konnte durch Stacey et al. (2010) erbracht werden [77]. In Anlehnung an Fu's et al. Studie untersuchten diese elf Patienten mit mindestens dreijähriger CI-Erfahrung über einen Zeitraum von drei Wochen. Im Vergleich zu Fu et al. ergaben sich bei Stacey et al. allerdings nur geringfügigere Verbesserungen. Es wurde eine signifikante Verbesserung von acht Prozentpunkten in der Konsonantendiskrimination festgestellt. Im Satzverstehen und der Vokaldiskrimination konnten jedoch keine signifikanten Verbesserungen nachgewiesen werden.

Auch in Deutschland bestätigen die Ergebnisse einer von Schumann et al. durchgeführten Vorstudie, dass Hörtraining das Sprachverstehen auch bei erfahrenen CI-Trägern verbessern kann [78]. Acht Studienteilnehmer trainierten über einen Zeitraum von einem Monat zweimal pro Woche mit einem PC-gestützten Konsonanten- und Vokaltraining und erzielten überwiegend im Konsonantentraining deutliche Verbesserungen.

Während Fu et al., Stacey et al. sowie Schumann et al. die Effektivität von aktivem Hörtraining in Ruhe nachweisen konnten, belegten Oba et al. einen positiven Nutzen von aktivem Hörtraining im Störgeräusch [79]. Sie untersuchten über einen Zeitraum von vier Wochen zehn CI-Träger mit mindestens einjähriger CI-Erfahrung. Die Studienteilnehmer trainierten das Verstehen von Zahlen im Störgeräusch fünf Tage pro Woche mit einer täglichen Trainingszeit von 30 Minuten. Die Ergebnisse zeigten eine Verbesserung im Zahlen- und Satzverstehen im Störgeräusch.

1.13. Zielsetzung und Fragestellung

Das Cochlea-Implantat hat sich in den vergangenen Jahren als Versorgung bei hochgradiger Schwerhörigkeit oder Taubheit bewährt und bedeutet für zahlreiche Nutzer einen Zugewinn an Hörvermögen und Lebensqualität. Dennoch erreichen manche CI-Träger auch bei langer CI-Erfahrung kein gutes Sprachverständnis. Auch für CI-Träger mit gutem Sprachverstehen bestehen Grenzen vor allem im Sprachverstehen im Störgeräusch [7]. Folglich stellt sich die Frage, ob erfahrene CI-Träger durch aktives Training ihr Sprachverständnis verbessern können. Dies soll in folgender Arbeit mit einem standardisierten Hörtraining – der terzo®-Gehörtherapie – bei CI-Trägern mit mindestens einjähriger CI-Erfahrung geprüft werden. Im Vergleich zu den Studien von Fu et al., Stacey et al. sowie Schumann et al. und Oba et al. werden neben dem Lerneffekt des Sprachverstehens im Störgeräusch zusätzlich auch die darauf Einfluss nehmenden Faktoren untersucht.

Folgende Fragen sollen dabei analysiert werden:

- Können erfahrene CI-Träger durch ein aktives Hörtraining ein besseres Sprachverständnis in Ruhe und im Störgeräusch erzielen?
- Welche Faktoren (Alter der Patienten, CI-Erfahrung, Performance und Zeitraum zwischen Hörverlust und CI-Operation) haben einen Einfluss auf den Lerneffekt im Störgeräusch?
- Kommt es durch das Hörtraining zu einer subjektiven Verbesserung des Sprachverstehens?
- Hält der Lerneffekt über den Zeitraum des Trainings hinaus an?

2. Patienten, Material und Methoden

2.1. Studiendesign

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um eine prospektive klinische Studie, die am Campus Innenstadt der Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde der Ludwig-Maximilians-Universität in München durchgeführt wurde.

Zu Beginn der Studie erhielt jeder Studienteilnehmer durch das terzo-Zentrum München eine ausführliche Einweisung in das bereitgestellte Trainingsmaterial (terzo®-Gehörtherapie) und in die Hintergründe des Trainings. Das Training wurde von den Studienteilnehmern über einen Gesamtzeitraum von vier Wochen durchgeführt.

Der Einfluss des Hörtrainings auf das Sprachverstehen in Ruhe und im Störgeräusch wurde nach dem Verfahren der Messwiederholungen untersucht. Die begleitenden Messungen wurden auf vier Messtage verteilt und fanden jeweils zu Beginn der Studie, nach einem Trainingszeitraum von zwei und vier Wochen sowie sechs Wochen nach Trainingsende statt. Durch den vierten und letzten Messtag wurde überprüft, ob der Trainingseffekt über den Zeitraum des Trainings anhält.

Die Datenerhebung erfolgte anhand von Fragebögen und audiometrischen Untersuchungen. Mit dem Tonaudiogramm und der Aufblähkurve wurden zu Beginn der Studie die Hörschwellen der Studienteilnehmer mit und ohne CI-Versorgung bestimmt. Vor, während und nach dem Trainingszeitraum wurden das Sprachverstehen mit den Einsilbern des Freiburger Sprachverständlichkeitstest und dem Oldenburger Satztest (OLSA) in Ruhe und im Störgeräusch untersucht. Zur Erfassung des subjektiven Sprachverstehens dienten der standardisierte NCIQ-Fragebogen und ein nicht-standardisierter, für die Studie entwickelter Fragebogen. Mit einem Handbuch des Trainingsmaterials wurde die individuell empfundene Schwierigkeit der Übungstypen erfragt.

Mit der terzo®-Gehörtherapie sollte lediglich das CI-versorgte Ohr trainiert werden. Dementsprechend vertäubten alle Studienteilnehmer mit einer bimodalen Versorgung (CI-Versorgung auf einem Ohr, HG-Versorgung auf dem kontralateralen Ohr) das kontralaterale Ohr während des Trainings und der Messungen mit einem Ohrstöpsel.

Studienteilnehmer mit einer bilateralen CI-Versorgung hingegen trainierten mit beiden Ohren gleichzeitig.

2.2. Patienten

An der Studie nahmen insgesamt 17 Patienten teil. Zwei zusätzliche Teilnehmer sind als Vorstudienpatienten anzusehen, deren Ergebnisse aufgrund von nachträglichen Optimierungen des Studienprotokolls nicht gewertet wurden.

Die Voraussetzung für die Teilnahme an der Studie war eine mindestens einjährige CI-Erfahrung mit uni- oder bilateralen CI-Systemen der Firma MED-EL (Pulsar/Sonata/Concerto). Ebenfalls sollte in den letzten zwölf Monaten kein Wechsel der Kodierungsstrategien stattgefunden haben und die letzte Änderung der CI-Anpassung musste mindestens drei Monate her sein. Als weiteres Einschlusskriterium galt eine Aktivierung von nicht weniger als acht Elektroden. Darüber hinaus mussten die Ergebnisse von Voruntersuchungen im Einschlussbereich der Studie liegen: CI-Träger mit gutem Sprachverstehen: $0 \text{ dB} > \text{SVS}$ (Sprachverständlichkeitsschwelle); CI-Träger mit schlechtem Sprachverstehen: $0 \text{ dB} < \text{SVS} < 10 \text{ dB}$.

Eine weitere Bedingung war ein Mindestalter von 18 Jahren. Zusätzlich wurde Deutsch als Muttersprache vorausgesetzt. Die Studienteilnehmer sollten kognitiv fähig sein den Zweck der Studie zu erfassen und den Anleitungen des Untersuchers Folge zu leisten. Zudem mussten vor Beginn der studienspezifischen Messungen eine unterschriebene und datierte Patienteninformation und eine freiwillig unterzeichnete Einverständniserklärung vorliegen.

Als Ausschlusskriterium galten eine EAS-Versorgung², ein Restgehör auf dem CI-versorgten Ohr von $< 70 \text{ dB}$ im Tonaudiogramm sowie eine gleichzeitige Teilnahme an einer Pharmaziestudie und ein zu labiler psychologischer Status.

² Hörgeräte und CIs werden im Rahmen der EAS (elektrisch akustische Stimulation) gleichzeitig im selben Ohr eingesetzt. Bei Erwachsenen mit einer bestehenden Resthörigkeit können so hohe Frequenzen durch das CI (elektrisch) wieder wahrgenommen werden und das Restgehör für die tiefen Frequenzen kann durch das Hörgerät (akustisch) erhalten werden. (55, 58)

Von den 17 Studienteilnehmern, konnten nur zwölf in die Auswertungen eingeschlossen werden. Drei Patienten brachen die Studie aus persönlichen Gründen ab, zwei Patienten mit einseitiger CI-Versorgung trainierten nicht wie gefordert mit vertäubter Gegenseite, sodass Lerneffekte nicht nur auf das CI-versorgte Ohr zurückzuführen waren.

| Patient | Geschlecht | Alter (in Jahren) | Taubheitsursache | Versorgung beider Ohren | CI- Erfahrung (in Jahren) |
|---------|------------|----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| S01* | w | 56 | Ototoxizität | CI HG | 1 |
| S02 | m | 73 | unbekannt | CI CI | 7 14 |
| S03* | w | 65 | unbekannt angeboren | CI keine | 16 |
| S04* | w | 47 | genetisch | CI HG | 2 |
| S05 | w | 77 | unbekannt | CI CI | 9 1 |
| S06 | w | 51 | Masern | CI CI | 5 11 |
| S07* | m | 47 | Meningitis | CI CI | 14 10 |
| S08 | w | 45 | viral | CI HG | 1 |
| S09 | w | 52 | Otosklerose | CI CI | 4 2 |
| S10 | w | 62 | Schädeltrauma | CI CI | 10 33/1 ³ |
| S11* | m | 62 | unbekannt | CI HG | 2 |
| S12 | m | 55 | unbekannt | CI HG | 2 |
| S13 | m | 85 | Alters- schwerhörigkeit | CI HG | 3 |
| S14 | w | 73 | unbekannt | CI HG | 8 |
| S15 | m | 76 | Hörsturz | CI HG | 3 |
| S16 | w | 39 | angeboren | CI HG | 9 |
| S17 | m | 24 | Meningitis | CI CI | 9 7 |

Tab. 1: Geschlecht, Alter, Taubheitsursache, Versorgung und CI-Erfahrung der Studienteilnehmer. Die durch *gekennzeichneten Patienten beendeten die Studie nicht

³ Reimplantation vor einem Jahr; das erste Implantat wurde vor 33 Jahren eingesetzt

Unter den verbliebenen zwölf Patienten befanden sich sieben Frauen und fünf Männer. Der jüngste Patient war zu Beginn der Studie 24 Jahre alt, der älteste 85 Jahre. Das mittlere Alter betrug 59,3 Jahre. Alle Studienteilnehmer waren postlingual ertaubt. Jeweils sechs Patienten wiesen eine bimodale oder bilaterale Versorgung auf. Die kürzeste CI-Erfahrung betrug ein Jahr, die längste 33 Jahre. Es ergab sich eine mittlere CI- Erfahrung von 6,9 Jahren. Der kürzeste Zeitraum zwischen dem Beginn des Hörverlustes bis zur CI-Operation erstreckte sich über zwei Jahre, der längste über 47 Jahre. Der Mittelwert lag bei 22,8 Jahren.

| Patient | Beginn des Hörverlustes bis CI-OP (in Jahren) | Implantat | Prozessor | Kodierungs-Strategie |
|---------|---|---------------|-----------|----------------------|
| S01* | 2 | Concerto | Opus 2 | FS4 |
| S02 | 8 | Pulsar ci 100 | Opus 2 | FSP |
| | 18 | C40+ | Rondo | HDCIS |
| S03* | 25 | C40+ | Opus 2 | FSP |
| S04* | nicht bekannt | Concerto | Opus 2 | FS4 |
| S05 | 28 | Pulsar ci 100 | Opus 2 | FSP |
| | 36 | Concerto | Opus 2 | FSP |
| S06 | 39 | Pulsar ci 100 | Opus 2 | FSP |
| | 33 | C40+ | Opus 2 | HDCIS |
| S07* | 2 | C40+ | Rondo | FSP |
| | 6 | C40+ | Rondo | FSP |
| S08 | 2 | Concerto | Opus 2 | FS4 |
| S09 | 18 | Pulsar ci 100 | Opus 2 | FSP |
| | 20 | Concerto | Opus 2 | FSP |
| S10 | 40 | Pulsar ci 100 | Rondo | FS4 |
| | 17 | Concerto | Opus 2 | FS4 |
| S11* | 7 | Concerto | Opus 2 | FSP |
| S12 | 28 | Concerto | Opus 2 | FS4 |
| S13 | 4 | Concerto | Opus2 | FSP |
| S14 | 47 | Pulsar ci 100 | Rondo | FS4-p |
| S15 | 17 | Concerto | Opus 2 | FS4 |
| S16 | 30 | Pulsar ci 100 | Rondo | FSP |
| S17 | 15 | Pulsar ci 100 | Opus 2 | FS4 |
| | 17 | Pulsar ci 100 | Opus 2 | FS4 |

Tab. 2: Zeitraum zwischen dem Beginn des Hörverlustes bis zur CI-OP, Implantat- und Prozessorversorgung, Kodierungsstrategie und Anzahl der aktivierten Elektroden bei den Studienteilnehmern.

2.3. terzo®-Gehörtherapie

Das Trainingsmaterial für die Studie wurde durch das terzo-Zentrum München zur Verfügung gestellt. Es bestand aus einem CD-Player, einer Trainings-CD und einem Trainingshandbuch.

Die terzo®-Gehörtherapie ist ein für Hörgerät-Träger konzipiertes Training, das die Hörverarbeitung verbessern soll [80]. Durch das gezielte Training soll die Hörfilterfunktion, die im Laufe einer Schwerhörigkeit verloren geht, so weit wie möglich reaktiviert werden. Die Hörfilter erlauben eine Unterscheidung zwischen essenziellen und vernachlässigbaren Hörsignalen. Auf diese Art und Weise treten Nebengeräusche in den Hintergrund. Eine Unterhaltung in geräuschvoller Umgebung wird dadurch erst möglich.

Die verschiedenen Übungen des Hörtrainings sind auf einen Zeitraum von zwei Wochen ausgelegt mit einer täglichen Trainingszeit von 30-60 Minuten. Das Übungspensum für einen Tag besteht aus sieben Aufgaben. Insgesamt gibt es 13 verschiedene Übungstypen, von denen die ersten vier Basisübungstypen täglich wiederholt werden, die folgenden Übungseinheiten unterscheiden sich voneinander. Zu den Basisaufgaben gehört u. a. das Verstehen einzelner Wörter und Zahlen. Das weitere Training umfasst sowohl Konzentrationsaufgaben in verschiedenen Variationen, als auch Übungen zur akustischen Aufmerksamkeit. Ebenfalls wird das Hören von Märchen oder Unterhaltungen mit unterschiedlichen Geräuschpegeln trainiert.

Das Training ist so konzipiert, dass die Schwierigkeit der Aufgaben und die Lautstärke des Störgeräusches schrittweise gesteigert werden. Es beginnt am ersten Tag mit einem SNR (signal-to-noise ratio/Signal-Rausch-Verhältnis) von ca. 18 dB und verringert sich bis zum letzten Tag auf ca. 6 dB. [80]

In der vorliegenden Studie wurde das gesamte Training nach den ersten zwei Wochen wiederholt und die Studienteilnehmer wurden dazu angehalten den Fokus auf die Trainingseinheiten zu legen, mit welchen sie sich im ersten Durchlauf schwer getan haben.

Das Trainingshandbuch der terzo®-Gehörtherapie diente der Beurteilung der Komplexität des gesamten Hörtrainings. So konnte jeder CI-Träger die Schwierigkeit der Übungen eines täglichen Trainings mit den Noten 1 bis 6 (1=sehr leicht, 2=leicht, 3=eher leicht, 4=eher schwer, 5=schwer und 6=sehr schwer) bewerten.

2.4. Aufbau und Durchführung der sprachperzeptiven Tests

2.4.1. Tonaudiogramm

Mit dem Tonaudiogramm wird die frequenzabhängige Hörschwelle eines Menschen dargestellt [81]. Es dient der seitengetrenten Bestimmung des Hörverlustes und der Schwerhörigkeitsform (SLS/SES). Um die Art der Schwerhörigkeit zu erfassen muss sowohl die Hörschwelle für die Luftleitung als auch für die Knochenleitung geprüft werden. Schlechte Werte in der Luftleitung deuten auf eine Schalleitungsstörung hin, während bei einer Schallempfindungsstörung beide Werte von der Norm abweichen. Bei einer kombinierten Schwerhörigkeit sind beide Werte verschlechtert, die Luftleitung allerdings ausgeprägter als die Knochenleitung.

Bei der Erfassung des Tonaudiogramms handelt es sich um ein subjektives Verfahren, das die Mitarbeit des Patienten erfordert. Dem Patienten werden in einer schalldichten Hörprüfkabine Sinustöne unterschiedlicher Frequenzen in steigender Lautstärke vorgespielt. Bei der Prüfung der Knochenleitung werden die Töne über einen Schallgeber, der auf den Warzenfortsatz gehalten wird, erfasst. Die Luftleitung wird über einen Kopfhörer gemessen. Jedes Ohr wird einzeln getestet. Falls Unterschiede im Hörvermögen beider Ohren bestehen, muss das besser hörende Ohr bei den Messungen mit einem Rauschen vertäubt werden. Somit wird garantiert, dass bei der Messung des schlechteren Ohres, die Töne nur von diesem Ohr gehört werden und nicht von der Gegenseite.

Gemessen werden meist die Frequenzen 0,25; 0,5; 1; 2; 4; 6; 8; 10 und 12 KHz. Die Lautstärke kann hierbei um bis zu 110 dB erhöht werden. Durch das Drücken eines Knopfes gibt der Patient an, dass er den Ton gehört hat. Je mehr die Lautstärke erhöht werden muss bis der Patient einen Ton wahrnimmt, desto eingeschränkter ist sein Hörvermögen für diese Frequenz. Die individuelle Hörschwelle für jede Frequenz wird in

einem Graphen dokumentiert. Bei Normalhörenden sind Luftleitungs- und Knochenleitungslinie annähernd kongruent und liegen bei der Nulllinie [10]. [81]

In der vorliegenden Studie wurde mit der Luftleitung des Tonaudiogramms eine eventuell vorhandene Resthörigkeit der Patienten überprüft.

2.4.2. Aufblähkurve

Mit der Aufblähkurve wird die frequenzabhängige Hörschwelle eines Menschen mit technischen Hilfsmitteln (CI/ Hörgerät) dargestellt. Die Messung erfolgt seitengetreunt. Jedes Ohr wird einzeln mit dem entsprechenden Hilfsmittel getestet. Das kontralaterale Ohr wird dabei mit einem Ohrstöpsel vertäubt.

In der vorliegenden Studie lieferte die Aufblähkurve eine grundlegende Einschätzung in wie weit die technischen Hilfsmittel die Hörschwellen der Patienten verbessern und ob die Hörbarkeit des Hörtrainings und der Sprachtests garantiert ist. Anstelle der Sinustöne wurden zur Bestimmung der Hörschwelle Wobbeltöne präsentiert.

2.4.3. Freiburger Sprachverständlichkeitstest

Der Freiburger Sprachverständlichkeitstest nach Hahlbrock gilt in der Sprachaudiometrie als Standard-Verfahren zur Untersuchung des Sprachverstehens [10]. Er wird sowohl für die Überprüfung von Hörstörungen als auch für die Verordnung und Anpassung von Hörhilfen verwendet.

Der Freiburger Sprachverständlichkeitstest besteht aus 10 Testlisten mit je 10 zweistelligen meist mehrsilbigen Zahlen (z. B. zwei-und-zwanzig, fünf-und-vierzig...) sowie aus 20 Testlisten mit je 20 einsilbigen Wörtern (z. B. Hang, Bach, Spott, Pflug...). Die Messung der Zahlen oder Wörter wird in einem schallisolierten Raum im freien Schallfeld durchgeführt. Der Patient sitzt dazu etwa einen Meter von der Schallquelle (Lautsprecher) entfernt. Die Zahlen oder Wörter werden dem Patienten einzeln präsentiert. Es folgt jeweils eine kurze Pause, in der der Patient die gehörte Zahl oder das verstandene Wort mündlich wiedergeben soll. Jede korrekte Wiedergabe wird vom Audiometristen oder Testleiter vermerkt. Im Anschluss an die jeweiligen Testlisten wird

der Prozentsatz der verstandenen Zahlen bzw. Wörter in Bezug auf die dargebotene Anzahl der Testzahlen bzw. -wörter ermittelt. Dieser wird als Sprachverständlichkeit in Abhängigkeit vom Schalldruckpegel dokumentiert [82].

Das Prüfen der einsilbigen Wörter beginnt meist bei einem Sprachschallpegel von 65 dB. Dies gleicht der Lautstärke normaler Umgangssprache. Normalhörende verstehen bei diesem Pegel 100% der Einsilber. Gewöhnlich wird beim Einsilbertest die maximale Verständlichkeit untersucht. Bei Schwerhörigen muss der Schalldruckpegel deshalb so lange erhöht werden, bis der Patient die für ihn maximalste Verständlichkeit der Einsilber einer Testliste erreicht. Im Vergleich zu den Einsilbern wird bei den Zahlen eine Hörverlustskala angegeben. Der gemessene Schalldruckpegel für 50% Verständlichkeit der Zahlen, stellt den Hörverlust im Sprachaudiogramm dar. Einsilbige Wörter werden tendenziell schlechter verstanden als die mehrsilbigen Zahlen. Normalhörenden gelingt es bei einem Sprachschallpegel von 18,5 dB die Hälfte aller Zahlen einer Testliste zu verstehen. Bei 30 dB werden alle vorgespielten Zahlen wahrgenommen. Die Testlisten der einsilbigen Wörter werden hingegen erst bei 50 dB vollständig verstanden. [10]

In der vorliegenden Studie wurde lediglich die Sprachverständlichkeit der einsilbigen Wörter untersucht. Die Präsentationslautstärke (Sprachschallpegel) war in allen Messungen konstant und wurde nicht erhöht. Sie betrug 65 dB. Somit war ein direkter Vergleich der Sprachverständlichkeit der einsilbigen Wörter zwischen den Werten vor, während und nach dem Trainingszeitraum möglich. Es wurden jeweils drei Testlisten in Ruhe und anschließend drei weitere Testlisten im Störgeräusch mit einem fixen Störgeräusch von 65 dB durchgeführt. Die jeweils erste Testliste in Ruhe und im Störgeräusch ist als Trainingsliste anzusehen. Sie diente dazu, die Patienten an den Ablauf und die Struktur des Freiburger Sprachverständlichkeitstest zu gewöhnen. Die Trainingslisten waren bei allen Studienteilnehmern gleich. Alle weiteren Testlisten hingegen variierten so, dass jedem Patienten jede Testliste im Verlauf der gesamten Studie nur einmal präsentiert wurde.

2.4.4. Oldenburger Satztest (OLSA)

Der Oldenburger Satztest ist eine audiometrische Untersuchung, die der Bestimmung des Sprachverstehens in Ruhe und im Störgeräusch dient [83]. Das Hören in geräuschvoller Umgebung stellt für Schwerhörige meistens eine große Herausforderung dar. Um dies

möglichst realistisch zu erfassen, wurde der OLSA entwickelt. Im Vergleich zu dem Freiburger Sprachverständlichkeitstest werden beim OLSA keine einzelnen Wörter, sondern ganze Sätze als Nutzsinal präsentiert. Somit können Alltagssituationen nachgeahmt werden.

Der OLSA enthält 40 Testlisten mit je 30 Sätzen, die jeweils aus fünf Wörtern bestehen. Die Sätze sind immer nach dem gleichen Schema aufgebaut: 1. Name, 2. Verb, 3. Zahlwort, 4. Adjektiv und 5. Objektiv mit zufälliger Kombination aus einem Inventar von insgesamt 50 Wörtern. Da hierbei meistens keine sinnvollen Sätze entstehen, bleiben sie den Testpersonen nicht langfristig im Gedächtnis. Aus diesem Grunde können sie wiederholt eingesetzt werden.

| NAME | VERB | ZAHLENWORT | ADJEKTIV | OBJEKT |
|----------|----------|------------|----------|--------|
| Britta | schenkt | vier | schwere | Dosen |
| Nina | malt | elf | weiße | Ringe |
| Tanja | kauft | sieben | alte | Autos |
| Wolfgang | verleiht | fünf | grüne | Sessel |
| Peter | bekommt | drei | große | Blumen |

Tab. 3: Satz-Schema des OLSA

Mit dem OLSA kann das Sprachverstehen in Ruhe sowie die Sprachverständlichkeitsschwelle (SVS) in Ruhe und im Störgeräusch ermittelt werden. Dazu werden dem Patienten Sätze in Ruhe oder im Störgeräusch präsentiert. Nach jedem dargebotenen Satz wiederholt der Patient alle verstandenen Wörter. Werden einzelne Wörter nur teilweise gehört, kann er versuchen diese zu erraten. Alle korrekt verstandenen Wörter werden markiert.

Die SVS in Ruhe (in dB) ist der Sprachpegel bei dem 50% der präsentierten Sätze verstanden werden. Die SVS im Störgeräusch (in dB S/N) ist der Signal-Rausch-Abstand (Verhältnis der Pegel von Sprachsignal und Störgeräusch) der zu 50% Verständlichkeit führt. Laut Wagener et al. beträgt bei Normalhörenden das Signal-Rausch-Verhältnis bei dem 50% verstanden werden $-7,1$ dB S/N [84, 85].

Als Störgeräusch wird ein sprachsimulierendes Rauschen verwendet, welches normalerweise mit einem festen Pegel von meist 65 dB präsentiert wird. Der Sprachpegel wird hingegen adaptiv, d.h. entsprechend der Anzahl der korrekt wiedergegebenen

Wörter des Patienten so verändert, dass sich die Verständlichkeit auf etwa 50% einpendelt. Versteht der Patient mehr als 50% der Wörter, so wird der Sprachpegel in dem darauffolgenden Satz automatisch verringert, der Satz wird dementsprechend leiser dargeboten. Wird weniger als 50% korrekt wiedergegeben, wird der nächste Satz lauter präsentiert. Das adaptive Messverfahren erlaubt demnach eine möglichst effiziente Bestimmung der SVS. [83, 84]

In der vorliegenden Studie fanden die Messungen des OLSA in einem schallisolierten Raum im Freifeld statt. Sprachsignal und Störgeräusch wurden den Patienten von vorne über einen Lautsprecher dargeboten. Der Blick der Patienten wurde während der Messungen auf den Lautsprecher gerichtet. Zudem wurden die Patienten gebeten eine aufrechte Haltung einzunehmen. Die Präsentationslautstärke des Sprachsignals betrug bei allen Testlisten sowohl in Ruhe als auch im Störgeräusch 65 dB. Bei den Messungen des OLSA in Ruhe wurde statt der SVS die maximale Verständlichkeit der Sätze bei dem konstanten Sprachpegel von 65 dB in % angegeben. Um die schlechte Performance der CI-Träger auszugleichen und damit unangenehme Sprachpegel zu vermeiden wurde bei Messungen im Störgeräusch anstelle des Sprachpegels, der Störpegel adaptiv dargeboten. Die erste Liste wurde dabei bei einem Signal-Rausch-Abstand von 0 dB S/N (Störgeräuschpegel=Sprachpegel) präsentiert. Aus der gemessenen Sprachverständlichkeitsschwelle der ersten Testliste (Trainingsliste) wurde ein SNR bestimmt, der etwa 10 dB über der SVS dieser Liste lag (10 dB + SVS aus Liste 1). Mit diesem Start-SNR wurden alle weiteren Listen begonnen.

Den Patienten wurden jeweils 3 Testlisten in Ruhe und im Störgeräusch mit je 20 Sätzen präsentiert. Die jeweils erste Testliste in Ruhe und im Störgeräusch diente dabei, wie beim Freiburger Sprachverständlichkeitstest, als Trainingsliste. Diese war bei allen Patienten gleich und sollte den Lerneffekt, der beim OLSA auftritt, verringern [85]. Alle folgenden Testlisten hingegen wurden den Patienten im Verlauf der Studie nur einmalig und in pseudo-randomisierter Reihenfolge dargeboten. Im Anschluss an die Messung der geforderten Testlisten wurden Patienten mit bimodaler Versorgung erneut 3 Testlisten im Störgeräusch ohne Vertäubung des Gegenohres bzw. mit HG dargeboten. Mit dieser Messung wurde geprüft, ob sich der Lerneffekt des Hörtrainings auf das Alltagshören mit beiden Ohren auswirkt.

2.5. Aufbau und Durchführung der Befragung

2.5.1. Nijmegen Cochlear Implant Questionnaire (NCIQ)

Der NCIQ ist ein standardisierter Fragebogen, der speziell für CI-Träger entwickelt wurde (s. 9.3. im Anhang). Er dient der Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität [62].

Der Fragebogen beinhaltet insgesamt 60 Fragen, deren Beantwortung die Lebensqualität bezogen auf drei unterschiedliche Hauptbereiche (physische, psychische und soziale Funktion) bewertet. Die drei Hauptbereiche werden dazu in sechs Unterbereiche gegliedert. So werden in dem Bereich der physischen Funktion die grundlegende Schallwahrnehmung (Wahrnehmung von Hintergrundgeräuschen, Türklingel, Schritte...) und die fortgeschrittene Schallwahrnehmung (Verstehen von Gesprächen in Ruhe, in einer Menschenmenge oder am Telefon, Musikempfinden...) sowie die Sprachproduktion (Kontrolle von Lautstärke und Tonhöhe der eigenen Stimme, Ausdruck von Emotionen...) ermittelt. Aktivität und soziale Interaktion repräsentieren den Bereich der sozialen Funktion. Im Bereich der Aktivität wird erfragt, ob die Schwerhörigkeit ein schwerwiegendes Problem in der Arbeit, Freizeit, zu Hause etc. darstellt. Die Fragen der sozialen Interaktion befassen sich mit der Kommunikation mit Normalhörenden, Schwerhörigen, Familienmitgliedern, Freunden etc. Der Bereich der psychologischen Funktion besteht nur aus einem Unterbereich, der das Selbstwertgefühl der CI-Träger beurteilt.

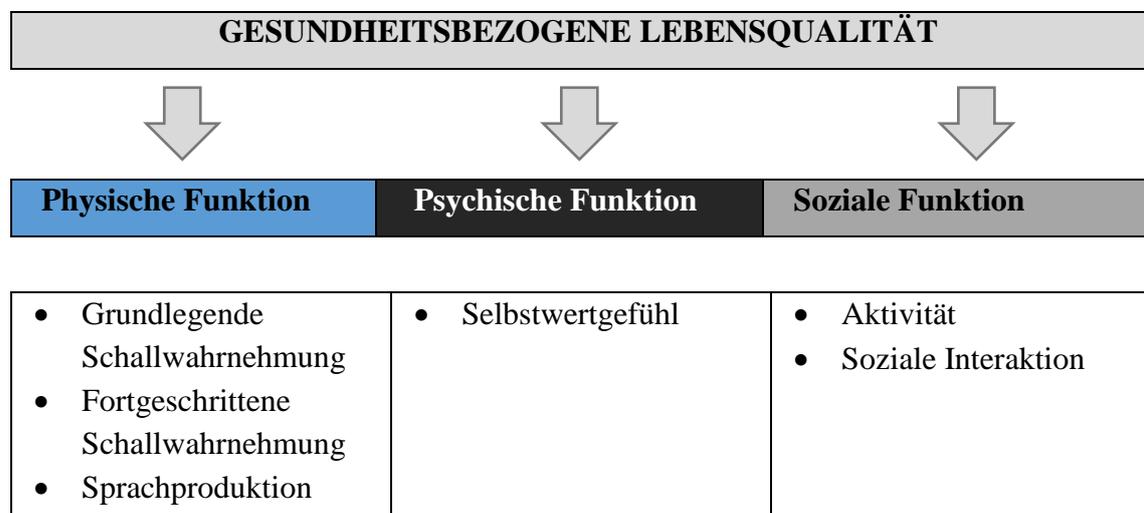


Abb. 5: Grundaufbau des NCIQ

Jeder Unterbereich enthält jeweils zehn Fragen, für die es fünf verschiedene Antwortmöglichkeiten gibt. Die Antwortkategorien des Fragebogens lauten für 55 Fragen: „nie“ (1), „selten“ (2), „manchmal“ (3), „oft“ (4) oder „immer“ (5). Bei den restlichen fünf Fragen stehen „nie“ (1), „schwer“ (2), „einigermaßen“ (3), „gut“ (4) und „sehr gut“ (5) als Antwortmöglichkeiten zur Verfügung. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, die Frage nicht zu beantworten und „keine Antwort“ anzukreuzen.

Bei der Auswertung des Fragebogens erfolgt nun – entsprechend der angekreuzten Antwort – eine Punkteverteilung zwischen 0 und 100 Punkten (1=0, 2=25, 3=50, 4=75 und 5=100). Dabei ist zu beachten, dass 27 Fragen des Fragebogens gegensätzlich formuliert sind und somit bei der Auswertung eine umgekehrte Verteilung der Punkte vorgenommen werden muss. Für jeden Unterbereich errechnet sich die Gesamtpunktzahl aus der Summe der Punkte, geteilt durch die Anzahl der beantworteten und anwendbaren Fragen. Werden mehr als drei Fragen eines Unterbereiches nicht beantwortet, muss dieser aus den Bewertungen ausgeschlossen werden. [62]

In der vorliegenden Studie wurde der NCIQ von den Patienten am ersten Messtag sowie am dritten Messtag nach Beendigung des vierwöchigen Trainings und am vierten Messtag sechs Wochen nach Trainingsende ausgefüllt.

2.5.2. Studien-Fragebogen

Der Studien-Fragebogen ist ein nicht-standardisierter, für die vorliegende Studie entwickelter Fragebogen, der zum einen die subjektive Verbesserung des Sprachverstehens erfasst und zum anderen das Hörtraining und die Höranstrengung beurteilt (s. 9.4. im Anhang).

Der Studien-Fragebogen setzt sich aus elf Fragen zusammen, die in zwei Gruppen unterteilt werden. Die erste Gruppe besteht aus vier Fragen und bewertet das Training in Bezug auf Komplexität und Freude. Weiterhin wird nach Störfaktoren (Ablenkung, Geräusche) während des Trainings gefragt. Die zweite Gruppe enthält sieben Fragen und konzentriert sich auf die Erfassung der subjektiven Verbesserung des Sprachverstehens in ruhiger sowie in lauter Umgebung. Sowohl das Verstehen von Sprache als auch das Unterscheiden von Geräuschen wird dabei beurteilt. Weiterhin dienen die Fragen der Bewertung der Höranstrengung in ruhiger und lauter Umgebung wie auch der

Hörmüdung im Störlärm. Darüber hinaus wird durch den Studien-Fragebogen die Trainingsdauer während der Studie ermittelt und nach einem zusätzlichen Trainingsmaterial gefragt.

In der vorliegenden Studie wurde der Studien-Fragebogen den Patienten am zweiten, dritten und vierten Messtag ausgehändigt und anschließend ausgewertet. In Anlehnung an den NCIQ-Fragebogen wurden für die 11 Fragen fünf Antwortmöglichkeiten angeboten („nie“ (1), „selten“ (2), „manchmal“ (3), „oft“ (4) und „immer“ (5)). Konnte eine Frage nicht beantwortet werden, so wurde „keine Antwort“ (6) angekreuzt. Die anschließende Auswertung wurde mit Hilfe eines Punktesystems von 0-4 (1=0, 2=1, 3=2, 4=3 und 5=4) vollzogen.

2.6. Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mittels Excel 2013 und Stata 14.0. Allgemein relevante Ergebnisse der Studienteilnehmer wurden durch die deskriptive Statistik präsentiert. Zur Beschreibung von quantitativen Daten wurden die Lageparameter Mittelwert (MW), Median, Minimal- und Maximalwert sowie als Streuungsmaß die Standardabweichung (SD) verwendet.

Da in der Stichprobe mehr als zwei Messpunkte vorliegen, wurden die Signifikanzwerte der Ergebnisse mit Hilfe von einfaktoriellen Varianzanalysen mit Messwiederholungen untersucht. Bei allen Tests wurde als Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$ gewählt. Dies bedeutet, dass die jeweilige Null-Hypothese lediglich mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von weniger als 5% verworfen wird.

Um zu analysieren, ob für die ANOVA die Grundannahme eingehalten wird, wurde der Bartlett-Test auf Sphärizität herangezogen. Mit diesem Test wurde die Hypothese überprüft, dass alle Korrelationskoeffizienten zwischen den Variablen in der Grundgesamtheit den Wert 0 aufwiesen [86]. Um zu untersuchen, wie hoch die partiellen Korrelationskoeffizienten waren, wurde das Kaiser-Meyer-Olkin-Maß (KMO) angewendet.

Da Sphärizitätstests häufig abhängig von der Stichprobengröße und der Verteilungsannahme der Daten sind, ist ihre Interpretationsmöglichkeit oftmals limitiert. Vor allem in kleinen Stichproben sind diese Tests nur eingeschränkt in der Lage korrekte Sphärizitäten zu bestimmen. Um dies zu berücksichtigen, wurden in dieser Arbeit die Greenhouse-Geisser-Korrektur und die Huynh-Feldt-Korrektur verwendet.

Abschließend wurden Post Hoc Vergleiche zwischen den einzelnen Messtagen anhand von gepaarten t-Tests durchgeführt. Hierbei wurde untersucht, ob der Erwartungswert der Grundgesamtheit von der Null-Hypothese (keine Veränderung der Messwerte über die Messtage) abweicht. Dabei erfolgte eine weitere Anpassung durch die Bonferroni Korrektur. Diese ist die konservativste Korrektur für die Kumulierung des α -Niveaus bei multiplen Post Hoc Vergleichen und ermittelt das korrigierte Signifikanzniveau für jeden Einzelvergleich. Das adjustierte Signifikanzniveau wird durch den Quotienten des p-Wertes (0,05) und der Anzahl der Tests erlangt. [87, 88]

3. Ergebnisse

3.1. Sprachverständlichkeitstests in Ruhe

3.1.1. Freiburger Einsilbertest

Für jeden Patienten wurden die Mittelwerte der Sprachverständlichkeit (in %) des Freiburger Einsilbertests für jeden Messtag bestimmt (s. A.-Abb. 1 im Anhang). Die Anfangswerte der Studienteilnehmer wiesen dabei teilweise große Unterschiede auf. Die Spannweite zwischen dem maximalen (92,5%) und minimalen (47,5%) Wert lag bei 45,0 Prozentpunkten (s. A.-Tab. 1 im Anhang).

Im Mittel (MW) lag das Sprachverständnis aller Patienten zu Beginn der Studie bei 72,5 % mit einer Standardabweichung (SD) von 15,2. Nach einem Trainingszeitraum von zwei Wochen wurde eine leichte Verbesserung beobachtet (MW: 74,4%; SD: 13,9). Nach weiteren zwei Wochen ergaben die Messungen allerdings ein rückläufiges Ergebnis (MW: 72,1%; SD: 14,2). Dennoch konnte sechs Wochen nach dem Training ein anhaltender Trainingseffekt mit einem MW von 74,3% und einer SD von 14,5 beobachtet werden (s. A.-Tab. 1 im Anhang).

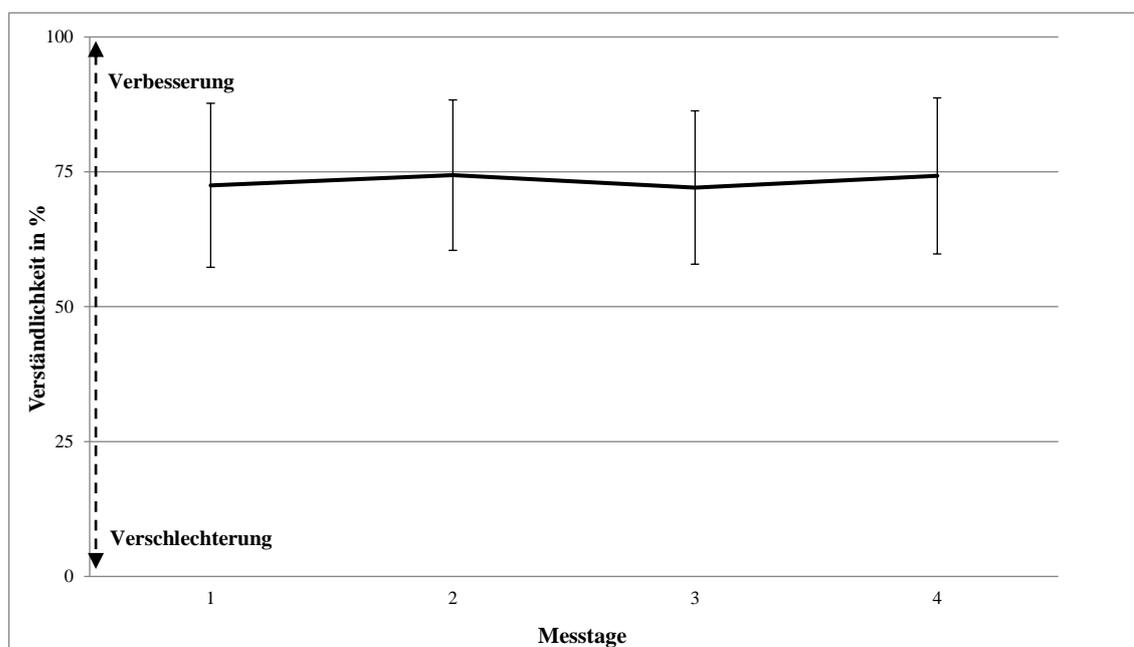


Abb. 6: Freiburger Einsilber in Ruhe: Mittelwert der Sprachverständlichkeit aller Patienten für jeden Messtage und Standardabweichung

Die geringfügige Verbesserung der Messwerte weist jedoch in keiner der angewendeten statistischen Untersuchungen Signifikanzen auf (s. Tab. 2, 3, 4 und 5 im Anhang).

3.1.2. OLSA

Bei den meisten Studienteilnehmern wurden zu Beginn der Studie hohe Anfangswerte von über 90 % Verständlichkeit im OLSA gemessen (s. A.-Abb. 3 im Anhang). Dennoch betrug die Spannweite 31,5 Prozentpunkte mit einem Maximalwert von 100% und einem Minimalwert von 68,5% (s. A.-Tab. 11 im Anhang).

Der Mittelwert über alle Patienten verbesserte sich vom ersten bis zum dritten Messtag von 91,7% (SD: 9,9) auf 95,0% (SD: 6,4). Der letzte Messtag wies einen anhaltenden Trainingseffekt auf, auch wenn dieser sich im Vergleich zum dritten Messtag geringfügig verschlechterte (MW: 93,8%; SD: 7,1) (s. A.-Tab. 11 im Anhang).

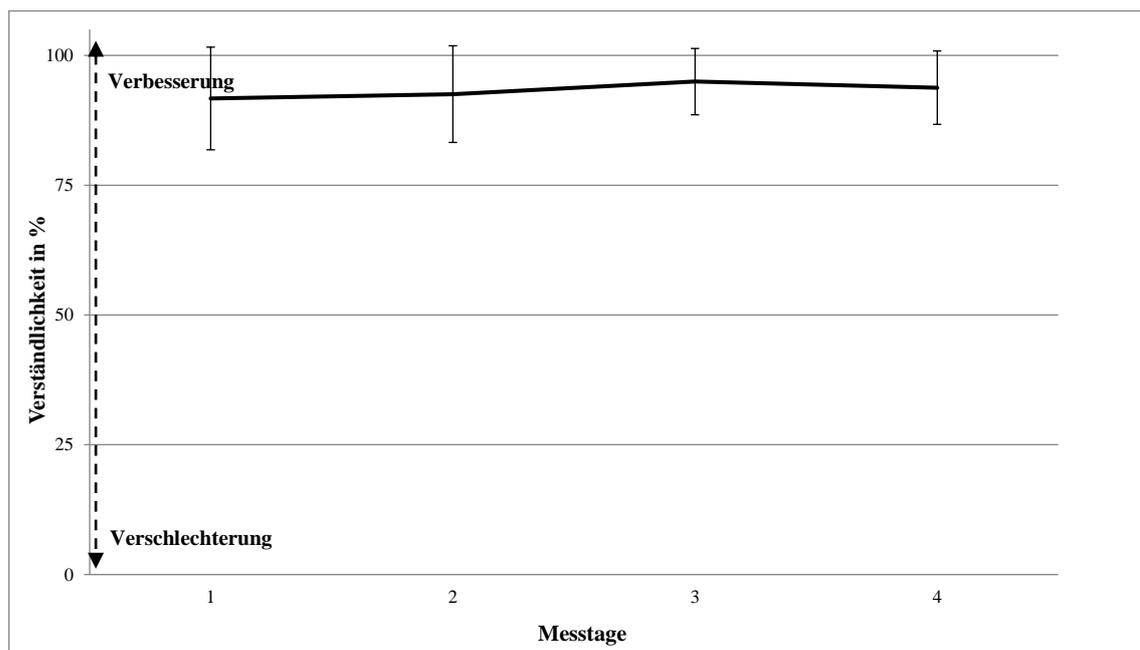


Abb. 7: OLSA in Ruhe: Mittelwert der Sprachverständlichkeit aller Patienten für jeden Messtag und Standardabweichung

Die einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung weist mit Hilfe der Greenhouse-Geisser-Korrektur ($p=0,040$) sowie der Huynh-Feldt-Korrektur ($p=0,028$) signifikante Ergebnisse auf (s. A.-Tab. 13 im Anhang). Bartlett's Test zeigt einen Chi-Quadrat-Wert von 77,823 und erreicht somit einen Signifikanzwert von kleiner als 0,001 (s. A.-Tab. 12 im Anhang). Der gepaarte t-Test zeigt signifikante Verbesserungen der Messwerte

zwischen dem ersten und dritten Messtag mit $p=0,018$ (s. A.-Tab. 15 im Anhang). Darüber hinaus sind die Ergebnisse zwischen dem dritten und vierten Messtag mit $p=0,025$ signifikant. Nach Berücksichtigung der Bonferroni-Korrektur im gepaarten t-Test wird die Signifikanz zwischen dem ersten und dritten Messtag bestätigt ($p=0,025$) (s. A.-Tab. 14 im Anhang).

3.2. Sprachverständlichkeitstests im Störgeräusch

3.2.1. Freiburger Einsilbertest

Wie bereits beim Freiburger Einsilbertest in Ruhe wiesen die Studienteilnehmer auch im Störgeräusch zu Beginn der Studie teilweise erhebliche Unterschiede im Sprachverstehen auf (s. A.-Abb. 2 im Anhang). Die Anfangswerte zeigten eine Spannweite von 35,0 Prozentpunkten (Min: 0,0%; Max: 35,0%) (s. A.-Tab. 6 im Anhang).

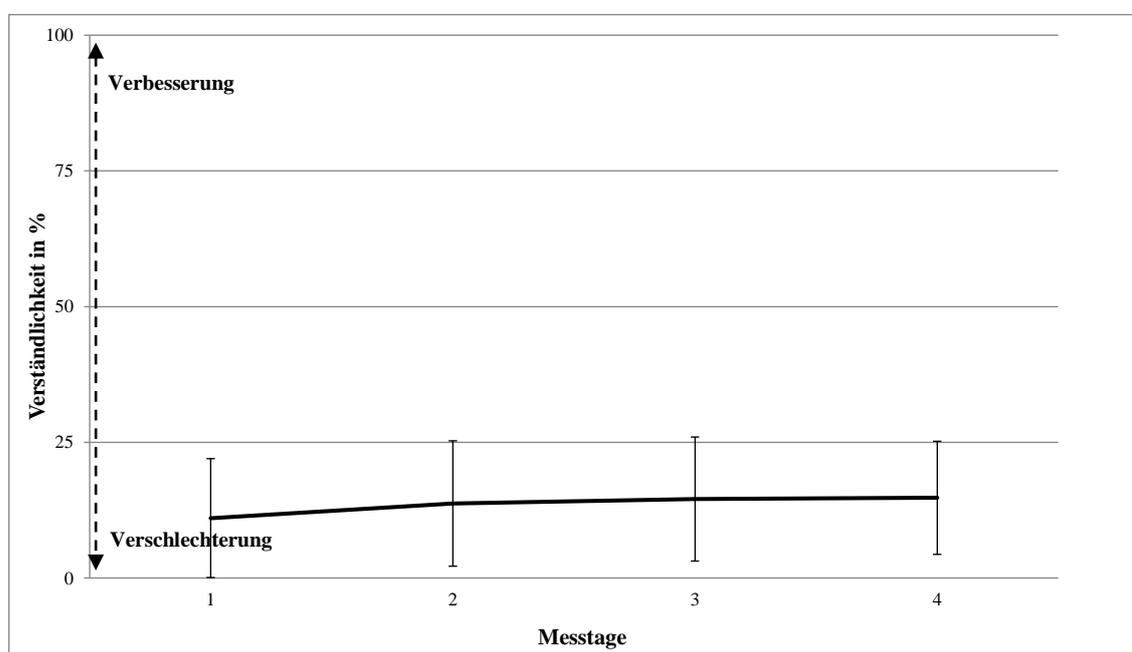


Abb. 8: Freiburger Einsilber im Störgeräusch: Mittelwert der Sprachverständlichkeit aller Patienten für jeden Messtag und Standardabweichung

Im Mittel lag die Verständlichkeit des Freiburger Einsilbers am ersten Messtag bei 11,0 % mit einer SD von 10,9. Eine Verbesserung konnte bereits am zweiten Messtag (MW:

13,8%; SD: 11,6) beobachtet werden (s. A.-Tab. 6 im Anhang). Auch der dritte und vierte Messtag zeigten mit einem MW von 14,6% (SD: 11,4) bzw. 14,8% (SD: 10,4) eine nicht signifikante Verbesserung (s. A.-Tab. 7, 8, 9 und 10 im Anhang).

3.2.2. OLSA

Die Anfangswerte der Sprachverständlichkeitsschwellen des OLSAs im Störgeräusch zeigten eine teils große Differenz zwischen den einzelnen Studienteilnehmern (s. A.-Abb. 4 im Anhang). Der Maximalwert betrug -3,8 dB S/N, während der Minimalwert bei 7,6 dB S/N lag (s. A.-Tab. 16 im Anhang).

Bei Betrachtung der Mittelwerte über alle Patienten an den verschiedenen Messtagen, zeigt sich im Verlauf des Trainings eine Verbesserung des Sprachverstehens. Nach den ersten zwei Wochen verbesserten sich die Studienteilnehmer im Mittel von -0,5 dB S/N auf -1,4 dB S/N (s. A.-Tab. 16 im Anhang). In den darauffolgenden zwei Wochen fand eine weitere Verbesserung auf -2,1 dB S/N statt. Sechs Wochen nach Beendigung des Trainings konnte ein anhaltender Effekt mit einem Mittelwert von -2,0 dB S/N nachgewiesen werden. Die Streuung der Messwerte war an den ersten beiden Messtagen mit Standardabweichungen von 3,3 bzw. 3,2 deutlich höher als an den darauffolgenden Messtagen (1,9 bzw. 1,6).

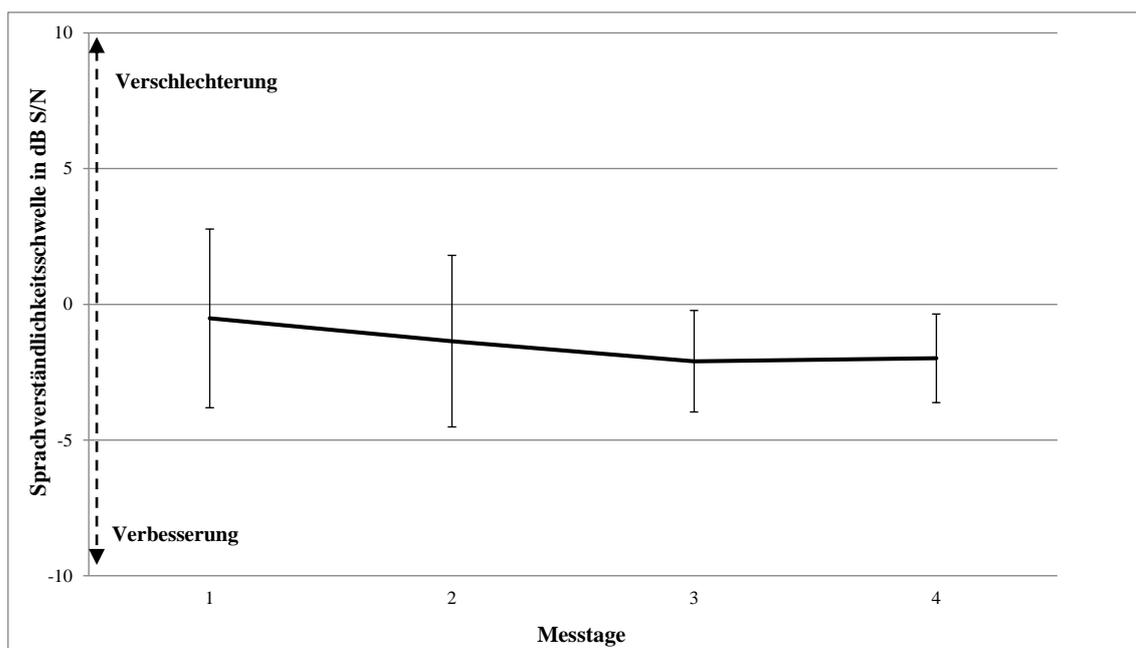


Abb. 9: OLSA im Störgeräusch: Mittelwert der Sprachverständlichkeitsschwelle aller Patienten für jeden Messtag und Standardabweichung

Wie aus A.-Tab. 17, 18, 19 und 20 im Anhang ersichtlich, ist die Verbesserung der Messwerte signifikant. Die einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung zeigt mit Hilfe der Greenhouse-Geisser-Korrektur ($p=0,020$) sowie der Huynh-Feldt-Korrektur ($p=0,014$) signifikante Ergebnisse. Bartlett's Test weist einen Chi-Quadrat-Wert von 66,383 auf und erreicht somit einen Signifikanzwert von kleiner als 0,001. Auch die gepaarten t-Tests liefern signifikante Verbesserungen der Messwerte. Während sich erster und zweiter Messtag nicht signifikant unterscheiden, liegen mit $p=0,009$ zwischen dem ersten und dritten Messtag bzw. mit $p=0,015$ zwischen dem ersten und vierten Messtag signifikante Werte vor. Diese Erkenntnisse werden durch Hinzunahme der Bonferroni-Korrektur beim gepaarten t-Test bestätigt ($p=0,011$ bzw. $p=0,020$).

Bei allen Studienteilnehmern mit einer bimodalen Versorgung wurden zudem an jedem Messtag Messungen des OLSAs ohne Vertäubung des Gegenohres bzw. mit Hörgerät durchgeführt. Da ein Patient aufgrund von Überanstrengung nicht mehr in der Lage war diese zusätzlichen Messungen durchzuführen, konnten nur fünf der sechs bimodal versorgten Patienten in die Messungen einbezogen werden.

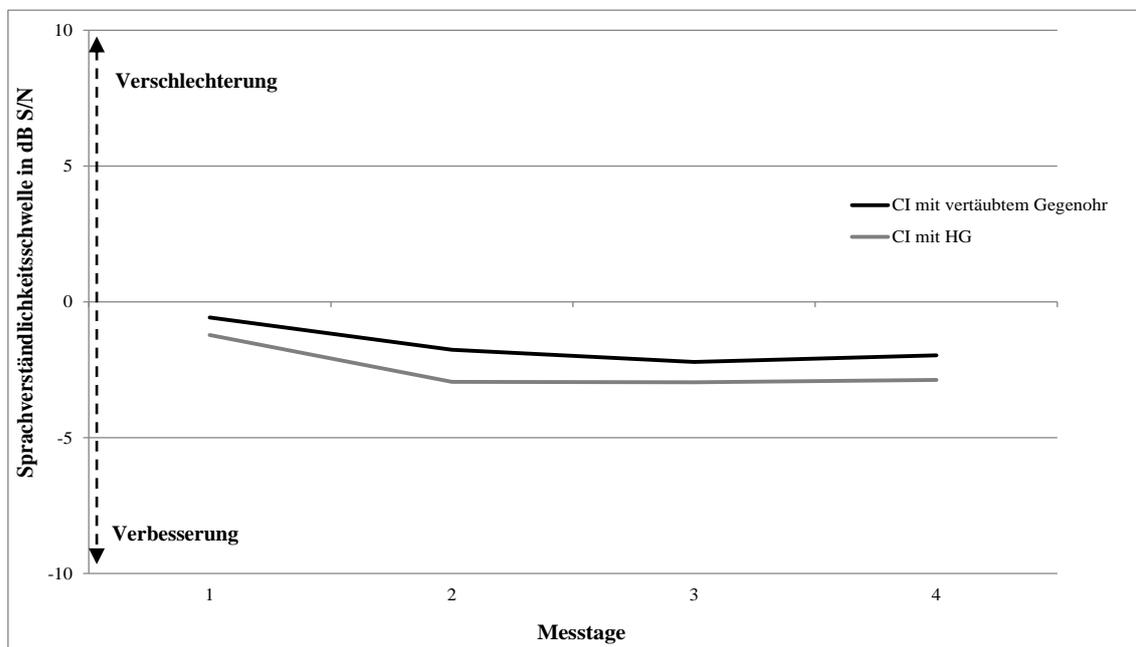


Abb. 10: OLSA im Störgeräusch: Vergleich der Sprachverständlichkeitsschwelle der bimodal versorgten Patienten mit vertäubtem Gegenohr vs. mit HG

Auch hier wurde im Verlauf des Trainings eine Verbesserung von anfänglich im Mittel - 1,2 dB S/N (SD: 2,1) auf -3,0 dB S/N (SD: 1,8) am dritten Messtag sichtbar (s. A.-Tab.

26 im Anhang). Ebenfalls konnte am vierten Messtag ein anhaltender Trainingseffekt nachgewiesen werden (MW: -3,0 dB S/N; SD: 1,8).

Auch diese Ergebnisse sind nach der einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung mit Hilfe der Greenhouse-Geisser-Korrektur ($p=0,013$) sowie der Huynh-Feldt-Korrektur ($p=0,002$) signifikant (s. A.-Tab. 28 im Anhang). Ebenfalls zeigen die gepaarten t-Tests mit $p=0,045$ zwischen dem ersten und zweiten Messtag sowie mit $p=0,005$ zwischen ersten und dritten Messtag und mit $p=0,009$ zwischen erstem und vierten Messtag signifikante Verbesserungen der Messwerte (s. A.-Tab. 30 im Anhang). Dies wird durch die Bonferroni-Korrektur bestätigt ($p= 0,008$; $p=0,007$ und $p=0,005$) (s. A.-Tab. 29 im Anhang).

3.3. Auswertung verschiedener Einflussfaktoren auf den Lerneffekt im Störgeräusch

Lerneffekte im Störgeräusch wurden in Abhängigkeit vom Alter der Patienten, von der CI- Erfahrung, der Performance zu Beginn der Studie sowie von dem Zeitraum zwischen dem Beginn des Hörverlustes bis zur CI-Operation mittels der Ergebnisse des Freiburger Einsilbertests und des OLSAs untersucht. Die Verbesserung des Sprachverstehens an dem zweiten, dritten und vierten Messtag wurde dabei auf Basis der Differenz zu den Messergebnissen des ersten Messtages vor Beginn des Trainings für jeden Studienteilnehmer ermittelt.

3.3.1. Lerneffekt in Abhängigkeit vom Alter der Patienten

In die vorliegende Studie wurden erwachsene Patienten aller Altersklassen eingeschlossen. Der jüngste Patient war zum Zeitpunkt der Untersuchungen 24 Jahre alt, der älteste 85 Jahre. Das mittlere Alter betrug 59,3 Jahre. Der Median lag bei 58,5 Jahren.

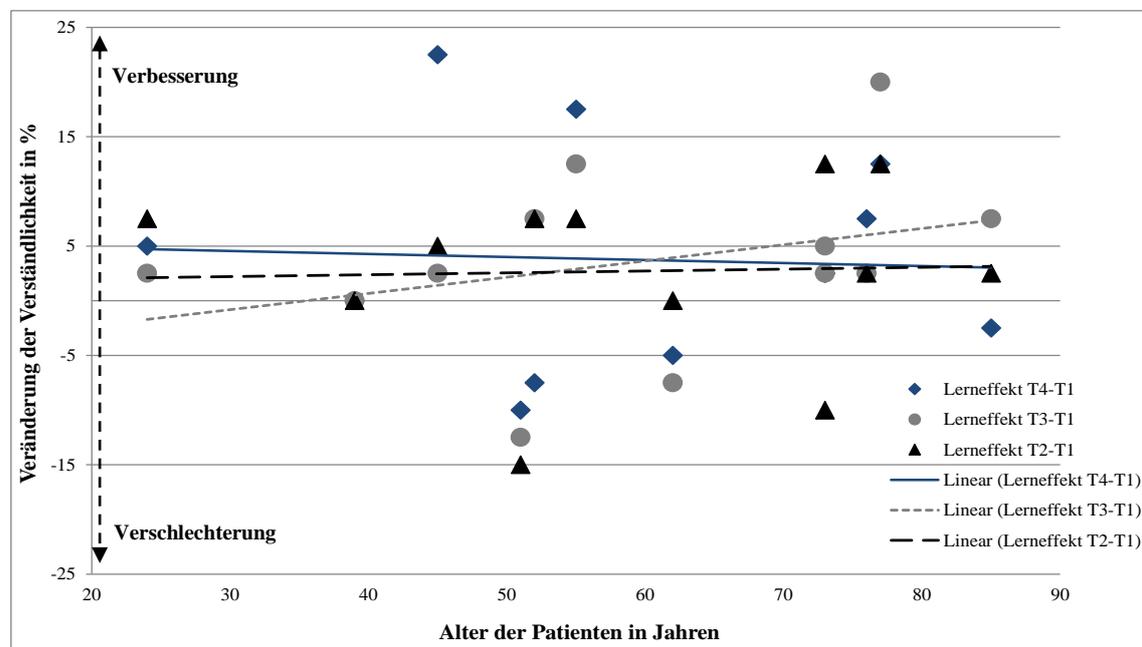


Abb. 11: Freiburger Einsilber im Störgeräusch: Lerneffekt in Abhängigkeit vom Alter der Patienten

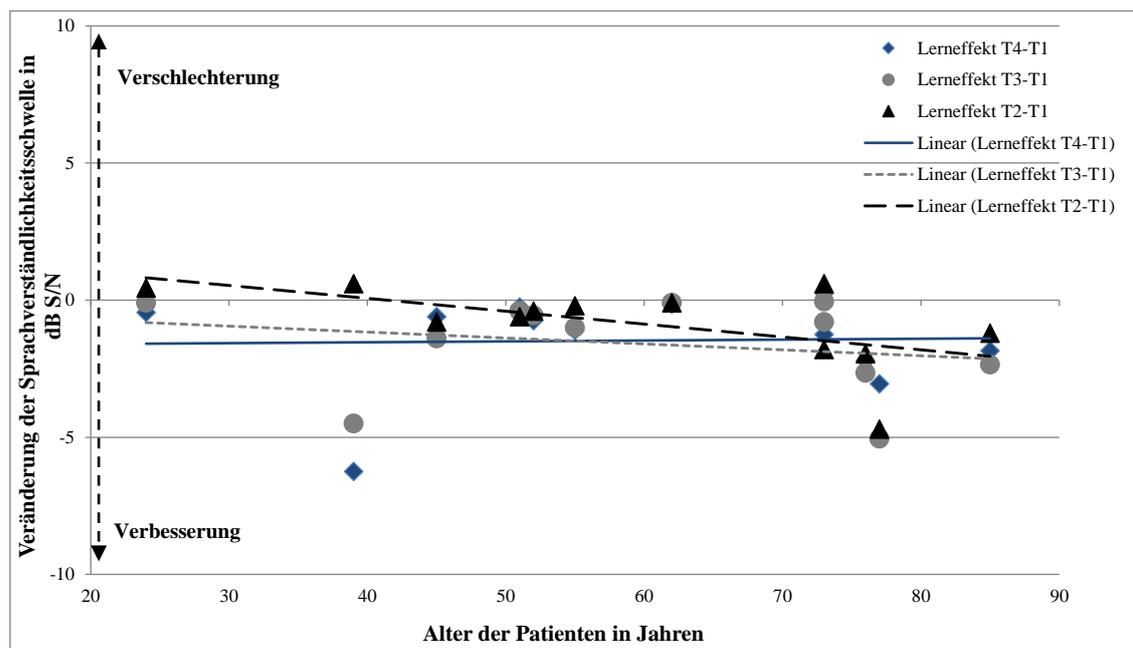


Abb. 12: OLSA im Störgeräusch: Lerneffekt in Abhängigkeit vom Alter der Patienten

Die Trendlinien in den Abb. 11 und 12 zeigen weder beim Freiburger Einsilber noch beim OLSA einen eindeutigen Lerneffekt in Abhängigkeit vom Alter. Im Freiburger Einsilber gibt die Differenz zwischen dem ersten und dritten Messtag einen altersabhängigen Lerneffekt an. Demnach liegt bei älteren Patienten ein größerer Lerneffekt vor als bei jüngeren. Die Differenzen zwischen dem ersten und zweiten bzw. vierten Messtag bestätigen diese Annahme nicht. Auch im OLSA ist eine Verbesserung des Sprachverstehens in Abhängigkeit vom Alter sichtbar. Allerdings betrifft dies im Vergleich zum Freiburger Einsilber den zweiten Messtag. Auch hier ziehen ältere Patienten einen größeren Nutzen aus dem Training. Die Messtage drei und vier weisen dagegen kaum bzw. keine altersabhängigen Lerneffekte auf.

3.3.2. Lerneffekt in Abhängigkeit von der CI-Erfahrung

Die Studienteilnehmer wiesen teilweise sehr große Unterschiede in der Erfahrung mit dem Cochlea Implantat auf. So wurde die kürzeste CI-Erfahrung mit einem Jahr angegeben, während die längste bei 33 Jahren lag. Im Mittel ergab sich eine CI-Erfahrung von 6,9 Jahren. Der Median lag bei 6,5 Jahren.

Im Freiburger Einsilbertest lässt sich ein Lerneffekt in Abhängigkeit von der CI-Erfahrung am zweiten, dritten und vierten Messtag erkennen. Demnach können Patienten

mit einer kürzeren CI-Erfahrung mehr von einem Hörtraining profitieren als CI-Träger mit bereits jahrelanger Erfahrung. Auch im OLSA kann dies, wenn auch nur minimal, beobachtet werden.

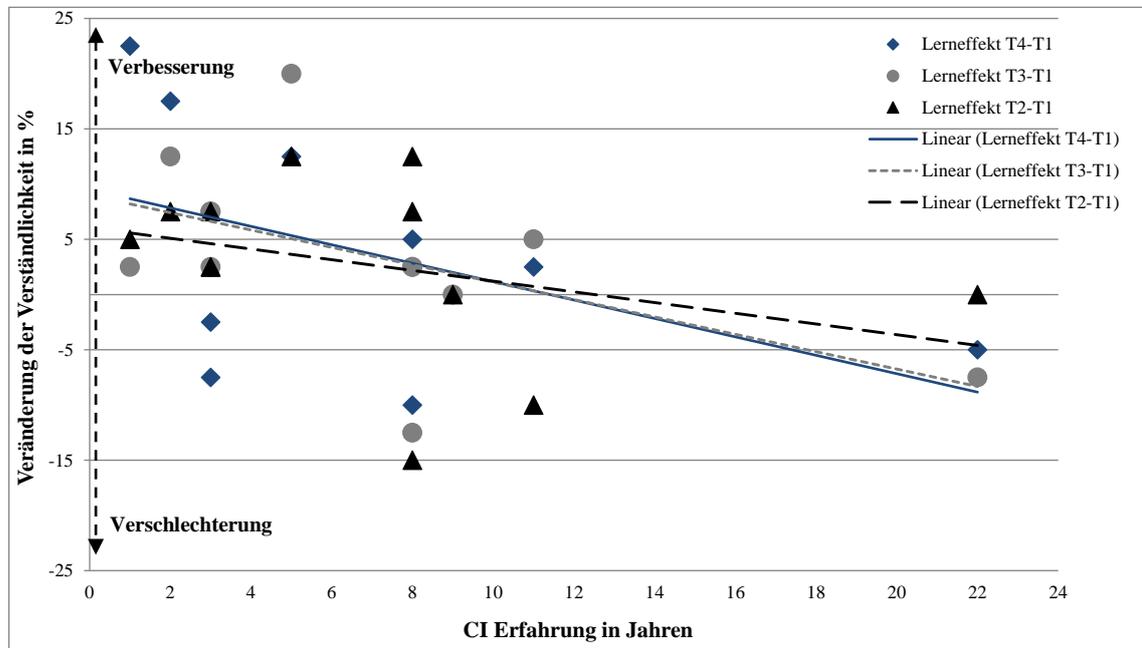


Abb. 13: Freiburger Einsilber im Störgeräusch: Lerneffekt in Abhängigkeit von der CI-Erfahrung der Patienten

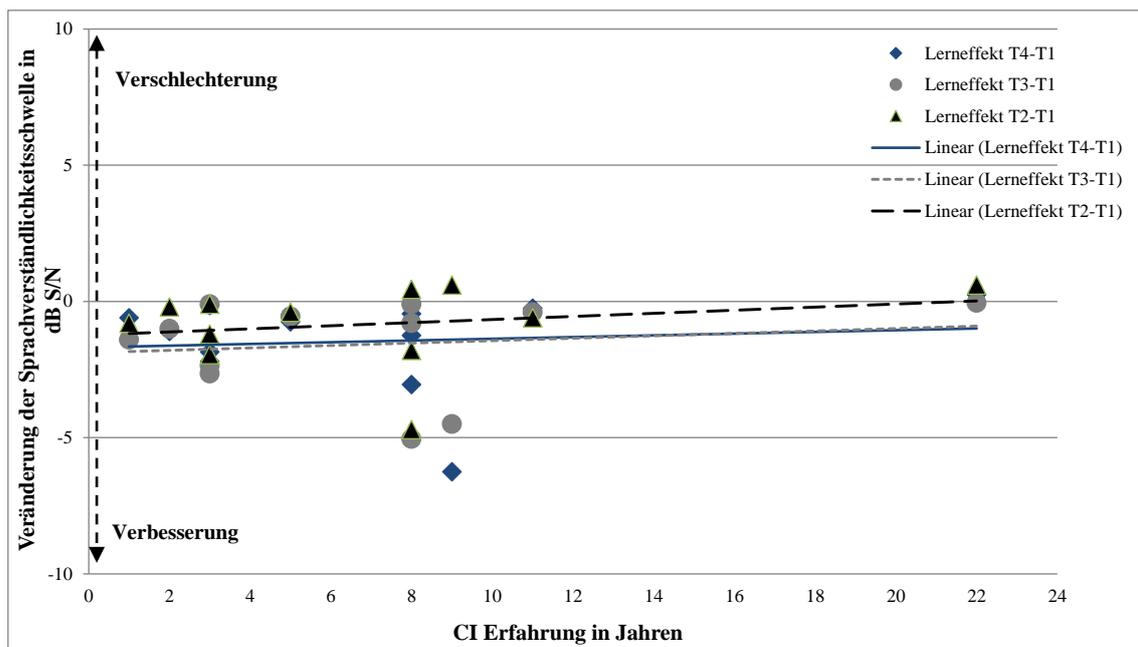


Abb. 14: OLSA im Störgeräusch: Lerneffekt in Abhängigkeit von der CI-Erfahrung der Patienten

3.3.3. Lerneffekt in Abhängigkeit von der Performance zu Beginn der Studie

Die Performance der Patienten zu Beginn der Studie unterschied sich teilweise erheblich. Die niedrigsten Werte beim Freiburger Einsilber lagen bei 0,0% Verständlichkeit. Das beste Startniveau lag bei 35,0%. Im OLSA war der beste Anfangswert -3,8 dB S/N, während als schlechtestes Startniveau ein Anfangswert von 7,6 dB S/N gemessen wurde. Der Mittelwert über alle Patienten betrug beim Freiburger Einsilber 11,0% sowie beim OLSA -0,5 dB S/N. Der Median lag beim Freiburger Einsilber bei 10,0%, beim OLSA bei -2 dB S/N.

In den Abb. 15 und 16 wird durch die Trendlinien verdeutlicht, dass der Lerneffekt von der Performance abhängt. Folglich profitieren vor allem Patienten mit einem schlechteren Startniveau von einem Hörtraining. Dies ist in allen Messungen des zweiten, dritten und vierten Messtages im Freiburger Einsilber und im OLSA ersichtlich.

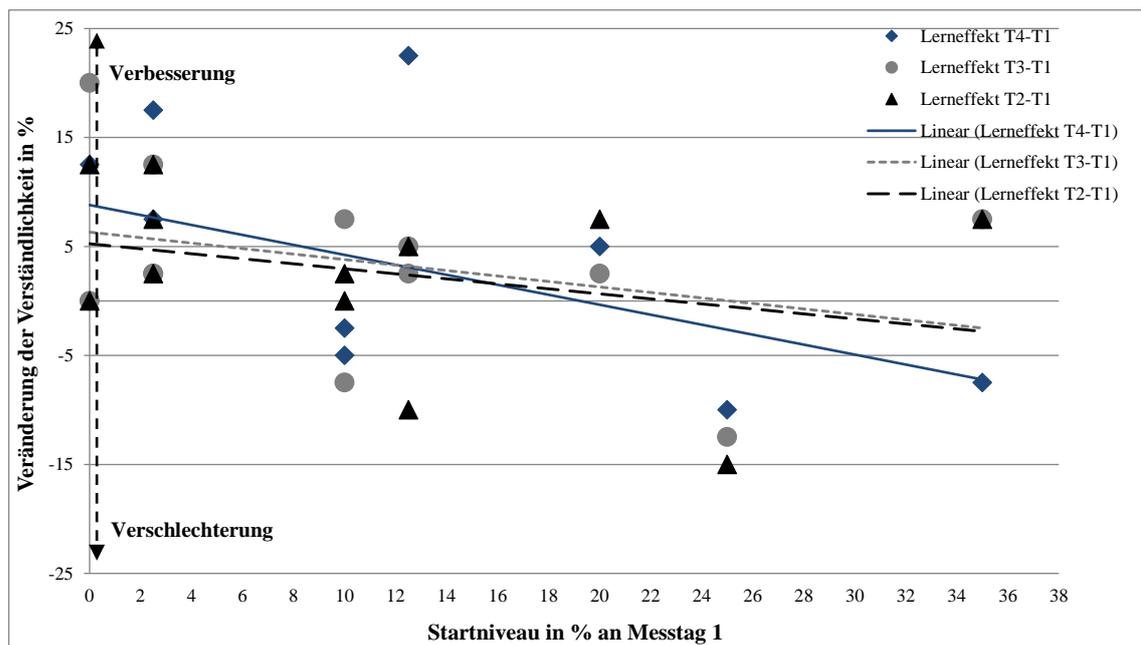


Abb. 15: Freiburger Einsilber im Störgeräusch: Lerneffekt in Abhängigkeit von der Performance der Patienten zu Beginn der Studie

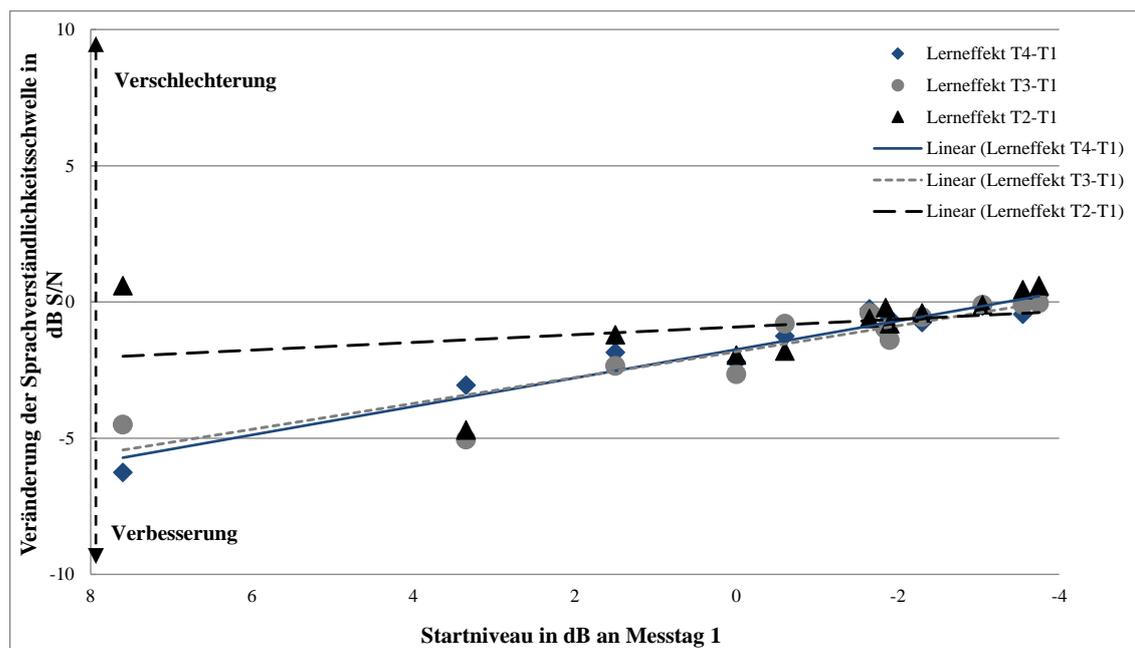


Abb. 16: OLSA im Störgeräusch: Lerneffekt in Abhängigkeit von der Performance der Patienten zu Beginn der Studie

3.3.4. Lerneffekt in Abhängigkeit von dem Zeitraum zwischen dem Beginn des Hörverlustes bis zur CI-Operation

Der Zeitraum zwischen dem Beginn des Hörverlustes bis zur CI-Operation variierte bei den Studienteilnehmern mit einer Spannweite von 45 Jahren sehr. Die kürzeste Zeitspanne bis zur Implantation betrug zwei Jahre, die längste 47 Jahre. Es ergab sich ein Mittelwert von 22,8 Jahren. Der Median lag bei 23,5 Jahren.

Wie Abb. 17 und 18 zeigen, kann weder im Freiburger Einsilbertest noch im OLSA ein Lerneffekt in Abhängigkeit von dem Zeitraum zwischen dem Beginn des Hörverlustes bis zur CI-Operation festgestellt werden.

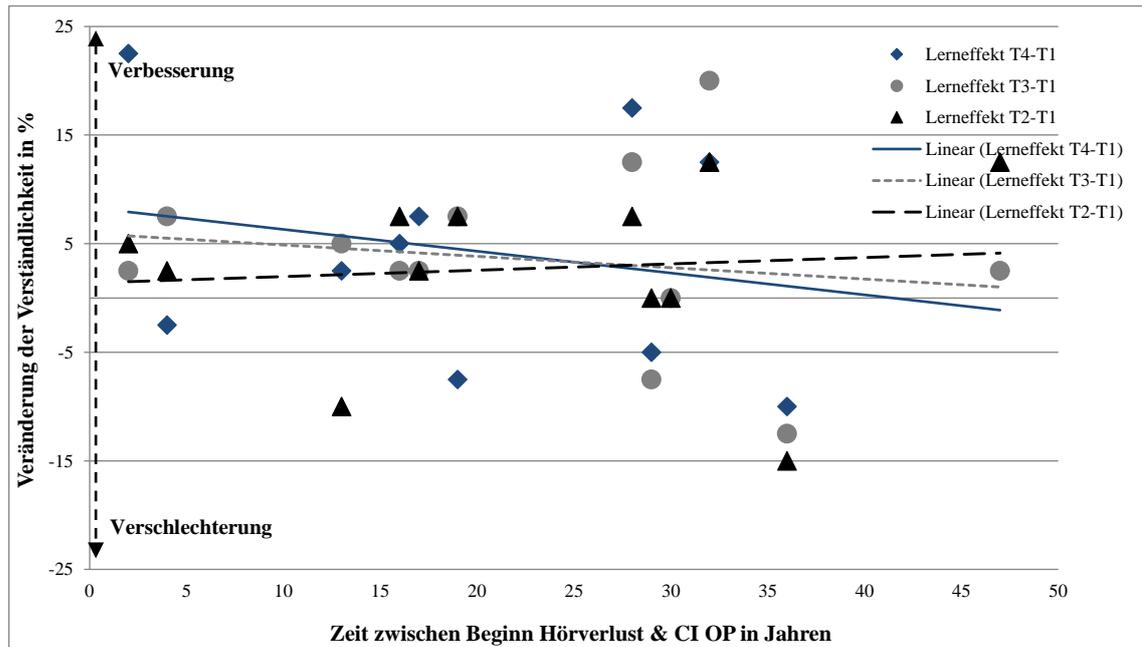


Abb. 17: Freiburger Einsilber im Störgeräusch: Lerneffekt in Abhängigkeit von dem Zeitraum zwischen dem Beginn des Hörverlustes bis zur CI-Operation

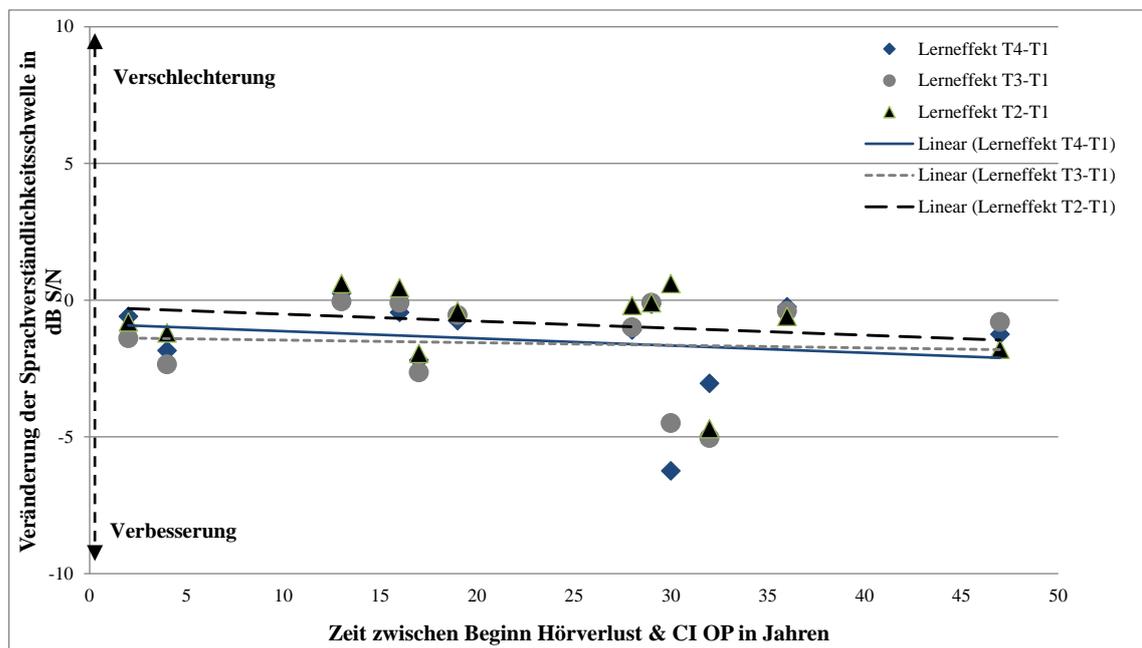


Abb. 18: OLSA im Störgeräusch: Lerneffekt in Abhängigkeit von dem Zeitraum zwischen Beginn des Hörverlustes bis zur CI-Operation

3.4. Fragebögen

3.4.1. NCIQ

Die Ergebnisse der physischen Funktion des NCIQ zeigen geringe Verbesserungen. Im Bereich der grundlegenden Schallwahrnehmung konnte eine minimale Verbesserung von im Mittel 72,0 Punkten (SD: 15,2) auf 73,3 (SD: 16,4) am dritten Messtag sowie auf 73,1 Punkte (SD: 17,6) am vierten Messtag festgestellt werden. In der fortgeschrittenen Schallwahrnehmung wurden die größten Verbesserungen der physischen Funktion von 79,6 (SD: 16,3) auf 81,7 Punkte (SD: 14,7) am dritten und auf 83,2 Punkte (SD: 13,0) am vierten Messtag erzielt. Auch im Bereich der Sprachproduktion waren kleine Verbesserungen ersichtlich (von im Mittel 64,5 auf 65,3 bzw. 66,9 Punkte).

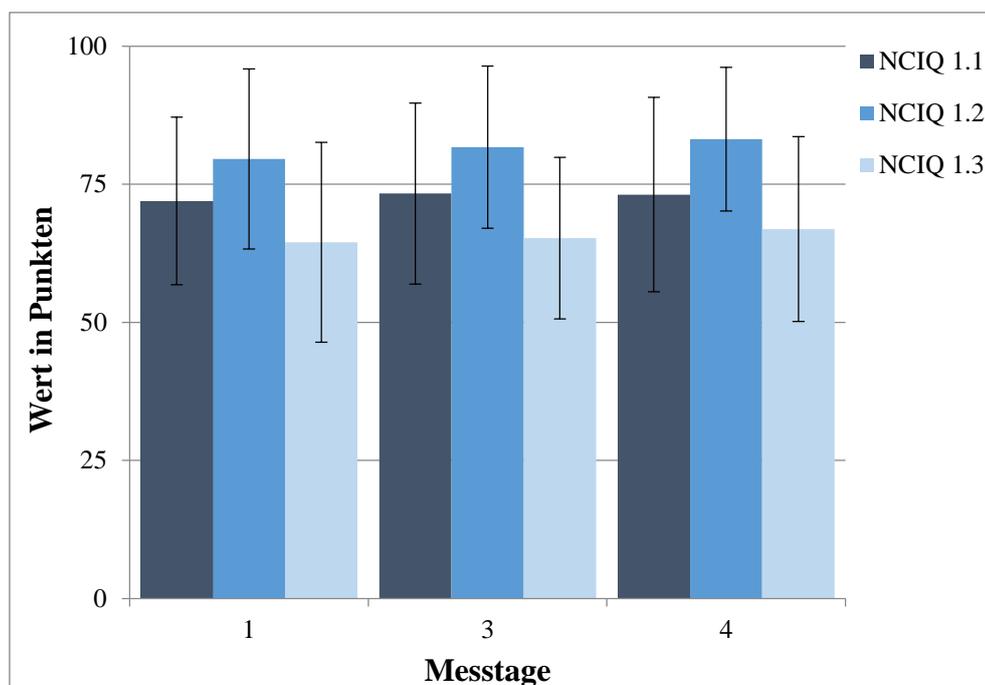


Abb. 19: Vergleich der Mittelwerte und Standardabweichungen der grundlegenden Schallwahrnehmung (NCIQ 1.1), fortgeschrittenen Schallwahrnehmung (NCIQ 1.2) und Sprachproduktion (NCIQ 1.3) der physischen Funktion des NCIQ am ersten, dritten und vierten Messtag

Die psychische Funktion des NCIQ wies am dritten Messtag im Mittel eine minimale Verbesserung von 62,7 (SD: 21,8) auf 63,6 Punkte (SD: 21,9) auf. Am vierten Messtag konnte kein anhaltender Trainingseffekt festgestellt werden.

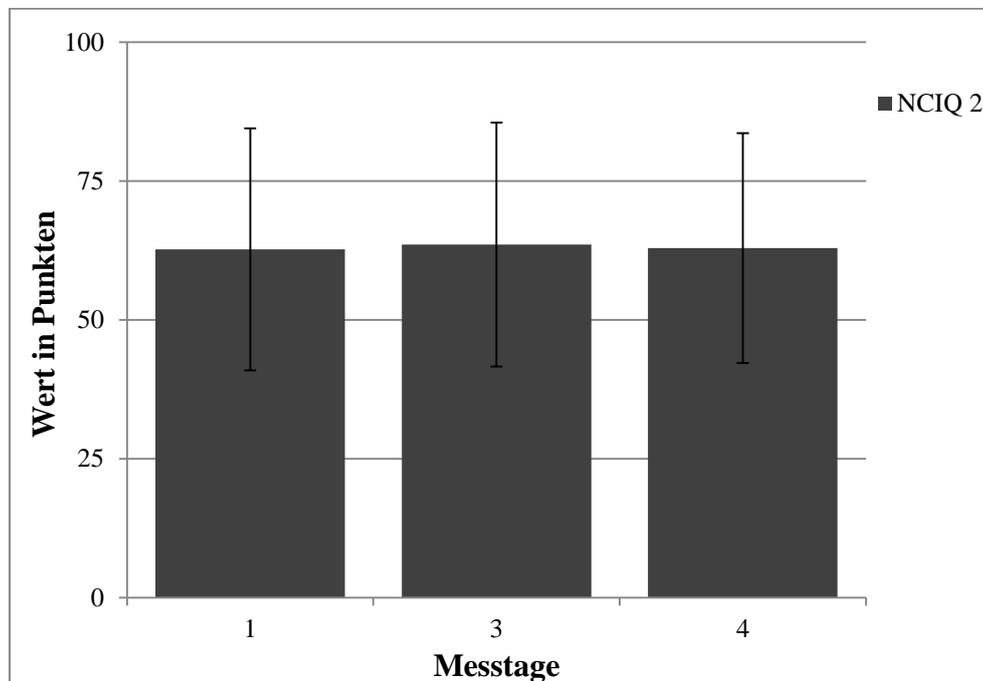


Abb. 20: Vergleich der Mittelwerte und Standardabweichungen des Selbstwertgefühls (NCIQ 2) der psychischen Funktion des NCIQ am ersten, dritten und vierten Messtag

In dem Bereich Aktivität der sozialen Funktion waren am dritten Messtag leichte Verbesserungen von im Mittel 60,2 (SD: 20,6) auf 62,4 (SD: 21,8) Punkte zu beobachten. Dieses Ergebnis blieb auch sechs Wochen nach dem Training konstant. In der sozialen Interaktion gaben die Patienten zwar eine geringfügige Verbesserung von 60,2 (SD: 18,7) auf 61,7 Punkte (SD: 17,4) an, allerdings war dieses Ergebnis nicht nachhaltig und verschlechterte sich nach Beendigung des Trainings auf 59,4 Punkte (SD: 18,7).

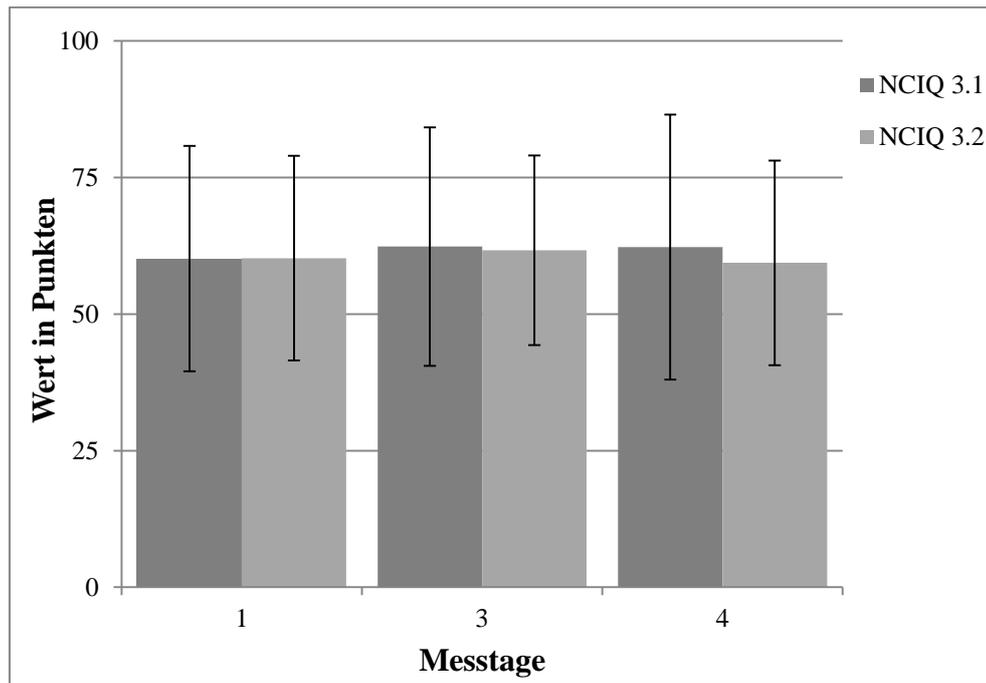


Abb. 21: Vergleich der Mittelwerte und Standardabweichungen der Aktivität (NCIQ 3.1) und sozialen Interaktion (NCIQ 3.2) der sozialen Funktion des NCIQ am ersten, dritten und vierten Messtag

Insgesamt ist die Verbesserung der Messwerte beim NCIQ schwach signifikant. Die einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung zeigt mit Hilfe der Greenhouse-Geisser-Korrektur ($p=0,061$) sowie der Huynh-Feldt-Korrektur ($p=0,051$) schwach signifikante Ergebnisse (s. A.-Tab. 33 im Anhang). Der gepaarte t-Test weist mit $p=0,002$ zwischen dem ersten und dritten Messtag signifikante Werte auf (s. A.-Tab. 35 im Anhang). Nach Berücksichtigung der Bonferroni-Korrektur im gepaarten t-Test wird dieses Erkenntnis allerdings nur sehr schwach bestätigt ($p=0,059$) (s. A.-Tab. 34 im Anhang).

3.4.2. Studien-Fragebogen

Die Fragen, ob das Training leicht fiel bzw. Spaß machte, wurden am zweiten (2,4 bzw. 2,4 Punkte) und dritten Messtag im Mittel (2,3 bzw. 2,4 Punkten) nahezu gleich mit „manchmal“ beurteilt. Mit 3,7 Punkten am zweiten und 3,8 Punkten am dritten Messtag fand das Training beinahe „immer“ in einer ruhigen Umgebung statt. Eine Ablenkung durch die Umgebung während des Trainings wurde mit im Mittel 0,5 und 0,7 Punkten mit „nie“ bis „selten“ beantwortet.

Die Frage, ob nach dem Training das Verstehen von Sprache in ruhiger Umgebung besser verstanden wird als vor dem Training, wurde am zweiten und dritten Messtag mit im Mittel 2,2 Punkten (SD: 1,3) mit „manchmal“ beantwortet. Am vierten Messtag, sechs Wochen nach dem Training, wurde die Frage schlechter (MW: 1,7; SD: 0,8) beurteilt. Das Sprachverstehen in ruhiger Umgebung war nach dem Training am zweiten und vierten Messtag „selten“ (MW: 1,4; SD: 0,9 bzw. MW: 1,3; SD: 1,0) weniger anstrengend als vor dem Training. Am dritten Messtag, nach dem vierwöchigen Training, wurde dieselbe Frage mit „manchmal“ (MW: 2,0; SD: 1,4) beantwortet. Nach dem Training fiel das Unterscheiden von Geräuschen in ruhiger Umgebung am zweiten Messtag zuerst im Mittel „selten“ (MW: 1,4; SD: 0,9) leichter als vor dem Training. In den darauffolgenden Messtagen fiel es „manchmal“ (MW: 2,0 bzw. 1,8 Punkte) leichter.

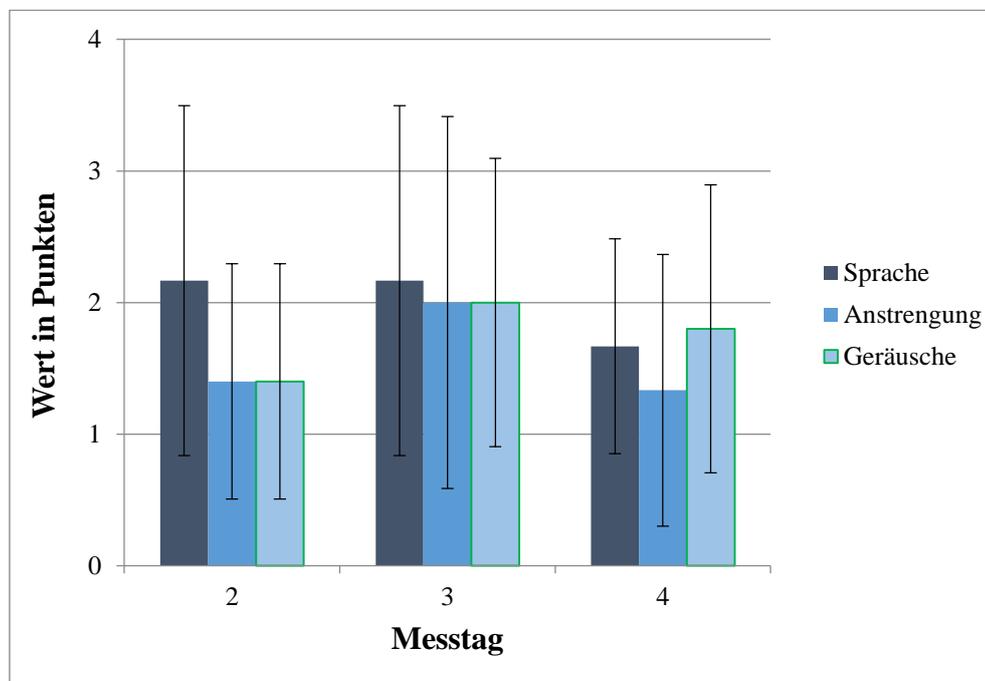


Abb. 22: Vergleich der Mittelwerte und Standardabweichungen der Ruhe-Fragen des Studien-Fragebogens am zweiten, dritten und vierten Messtag

Am zweiten und dritten Messtag konnte nach dem Training in lauter Umgebung Sprache „selten“ (MW: 1,4 bzw. 1,5; SD: 0,9 bzw. 0,8) besser verstanden werden als vor dem Training. Am vierten Messtag gaben die Patienten im Mittel „manchmal“ (MW: 1,8; SD: 1,0) an. Die Frage, ob das Sprachverstehen nach dem Training in lauter Umgebung weniger anstrengend war als vor dem Training, wurde an allen drei Messtagen mit „selten“ bis „manchmal“ (MW: 1,6; 1,7; 1,7) beantwortet. Ebenfalls wurde die Frage

nach der Verbesserung beim Unterscheiden von Geräuschen in lauter Umgebung anfangs mit „selten“ (MW: 1,6; SD: 0,9) und in den folgenden Messtagen mit „manchmal“ (MW: 1,8 und 2,0) beurteilt. Das Hören im Störlärm wurde am zweiten und vierten Messtag „selten“ (MW: 1,4; SD: 0,9 und MW: 1,3; SD: 0,8) sowie am dritten Messtag nach dem vierwöchigen Training „manchmal“ (MW: 1,7; SD: 1,0) als weniger ermüdend empfunden.

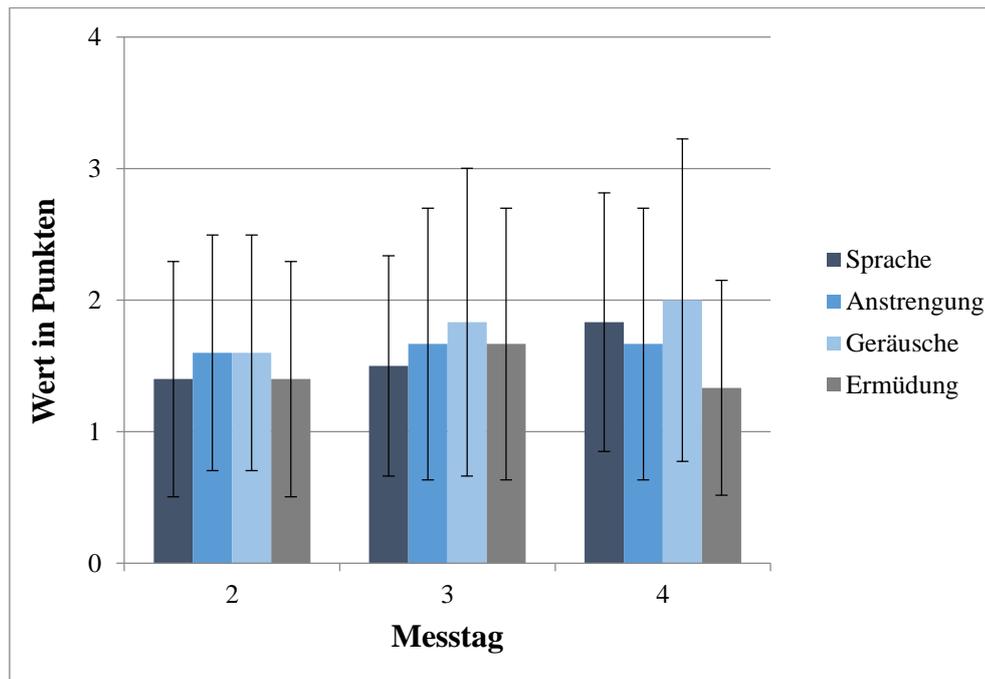


Abb. 23: Vergleich der Mittelwerte und Standardabweichungen der Geräusch-Fragen des Studien-Fragebogens am zweiten, dritten und vierten Messtag

Die Ergebnisse des Studien-Fragebogens zeigen in keiner der angewendeten statistischen Untersuchungen Signifikanzen (s. A.-Tab. 37, 38, 39 und 40 im Anhang). Einzig in den gepaarten t-Tests können zwischen dem zweiten und dritten Messtag mit $p=0,028$ signifikante Werte festgestellt werden (s. Tab. 40 im Anhang).

Bei den Fragen bezüglich der Trainingszeit gaben die Patienten an, das Hörtraining im Durchschnitt an sechs Tagen pro Woche durchgeführt zu haben. Sie trainierten in den ersten zwei Wochen durchschnittlich 48 Minuten pro Tag. In den darauffolgenden zwei Wochen lag die tägliche Trainingszeit bei 42 Minuten Die durchschnittliche Trainingszeit des Gesamtzeitraums lag somit bei 45 Minuten.

3.4.3. terzo®-Trainingshandbuch

Der Mittelwert und die Standardabweichung aller Bewertungen der täglichen Übungen der terzo®-Gehörtherapie wurden für jeden Patienten bestimmt. Ein Patient füllte das Trainingshandbuch nicht aus und musste somit aus den Auswertungen ausgeschlossen werden.

Die Mittelwerte variierten zwischen 1,8 (leicht) und 4,2 (eher schwer), die Standardabweichungen zwischen 0,5 und 1,4. Zwei der Patienten empfanden die Gesamtheit der Übungen „leicht“, fünf Patienten „eher leicht“ und vier Patienten bewerteten die Übungen mit „eher schwer“. Insgesamt wurde das Training demnach mit „eher leicht“ (MW: 3,2 und SD: 1,0) beurteilt.

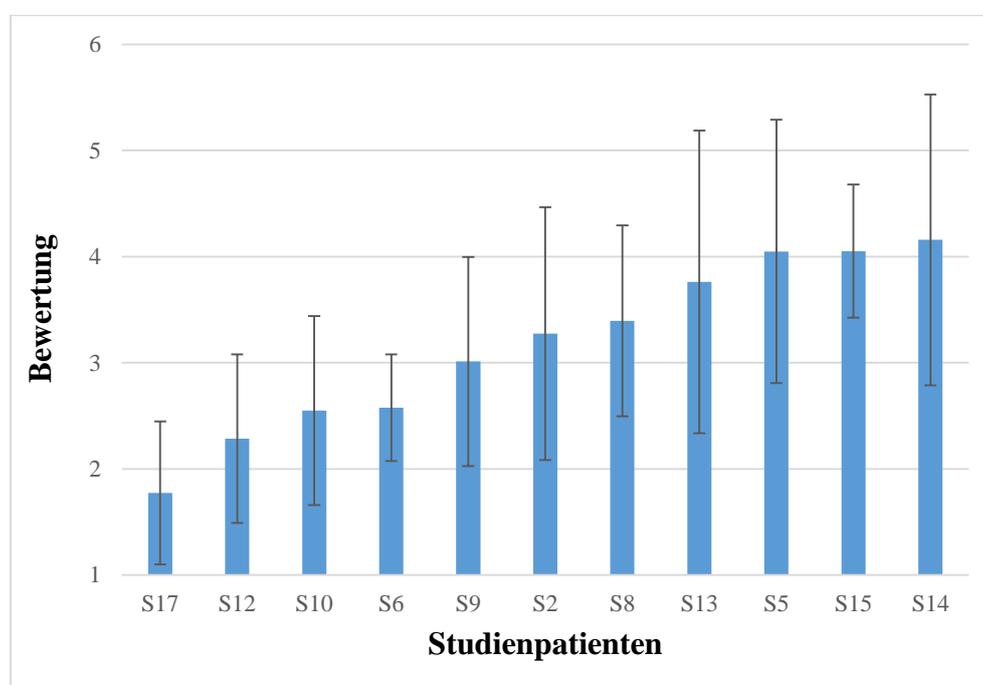


Abb. 24: Bewertung der Schwierigkeit der Übungen der terzo®-Gehörtherapie: Mittelwert und Standardabweichung über alle Bewertungen jedes Patienten

4. Diskussion

Die vorliegende Studie wurde durchgeführt um zu überprüfen, ob erfahrene CI-Träger einen Nutzen aus aktivem Hörtraining ziehen können. Dafür wurden neben audiometrischen Untersuchungen auch Fragebögen zur Beurteilung des Sprachverstehens herangezogen. Der besondere Fokus lag hierbei auf der Ermittlung der Verbesserung des Sprachverstehens im Störgeräusch und die darauf Einfluss nehmenden Faktoren. Die Ergebnisse zeigten signifikante Effekte des aktiven Hörtrainings auf das Sprachverstehen in Ruhe (OLSA) und im Störgeräusch (OLSA) sowie auf die hörbezogene Lebensqualität (NCIQ).

4.1. Bedeutung eines aktiven Hörtrainings für das Sprachverständnis in Ruhe und im Störgeräusch

Das Sprachverstehen der Patienten wurde im Verlauf der Studie mit dem Freiburger Einsilbertest und dem OLSA viermal untersucht: zu Beginn der Studie, nach zwei- und vierwöchiger Trainingszeit sowie sechs Wochen nach dem Trainingsende. Die Erfassung des Sprachverstehens erfolgte in Ruhe und im Störgeräusch. Dabei konnten im OLSA signifikante Verbesserungen gefunden werden. Im Freiburger Einsilbertest wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt.

Während der Freiburger Einsilbertest in Ruhe durch ein rückläufiges Ergebnis am dritten Messtag und einer anschließenden Verbesserung am vierten Messtag Schwankungen aufzeigte, verbesserte sich das Sprachverstehen in den anderen durchgeführten Tests vom ersten bis zum dritten Messtag fortlaufend. So steigerte sich das Sprachverstehen im Mittel im OLSA in Ruhe um 3,3 Prozentpunkte. Im Störgeräusch konnte eine mittlere Verbesserung um 1,6 dB im OLSA sowie um 3,6 Prozentpunkte im Freiburger Einsilbertest festgestellt werden. Das Ergebnis blieb auch sechs Wochen nach dem Training im OLSA und Freiburger Einsilbertest im Störgeräusch weitgehend konstant.

Auch in den bereits erwähnten Studien von Fu et al., Stacey et al. sowie Schumann et al. und Oba et al. konnten bei erfahrenen CI-Trägern Verbesserungen im Sprachverstehen durch aktives Hörtraining nachgewiesen werden [7, 76-79]. Allerdings fielen diese teilweise sehr unterschiedlich aus. Während Fu et al. signifikante Verbesserungen in der Konsonanten- und Vokaldiskrimination sowie im Satzverstehen in Ruhe aufweisen konnten, ergaben sich bei Stacey et al. und Schumann et al. lediglich im Konsonantentraining signifikante Verbesserungen. Als Erklärung für die abweichenden Ergebnisse kommen die Unterschiede in den verwendeten Messmethoden, Testmaterialien oder Stichproben in Betracht. Der erhöhte Trainingseffekt bei Fu et al. kann durch die im Mittel schlechtere Anfangsperformance der Patienten sowie durch das an die Performance angepasste Trainingsmaterial erklärt werden [77]. Bei Stacey et al. und Schumann et al. hingegen verwendeten alle Studienteilnehmer unabhängig von der Performance das gleiche Trainingsmaterial. Dementsprechend könnten einige Patienten mit dem Trainingsmaterial überfordert gewesen sein und konnten vermutlich nicht den größtmöglichen Nutzen aus dem Training ziehen. Auch in vorliegender Studie trainierten alle Patienten mit demselben Hörtraining. Um jedoch eine Überforderung der Patienten zu vermeiden, wurde das Hörtraining in dem geringsten Schwierigkeitsgrad (piano) angeboten. Allerdings bewerteten vor allem Patienten, die eine gute Anfangsperformance aufwiesen, das Trainingsmaterial im Mittel mit „leicht“ (siehe Abb. 24) und hätten womöglich von einem Hörtraining mit einem höheren Schwierigkeitsgrad mehr profitieren können. Um den maximalen Erfolg des Trainings für jeden einzelnen Patienten zu gewährleisten, sollte in zukünftigen Studien das Hörtraining, wie bei Fu et al. beschrieben, in Abhängigkeit von der Anfangsperformance ausgewählt werden.

Als weitere Gründe für die besseren Ergebnisse bei Fu et al. im Vergleich zu Stacey et al. sowie Schumann et al. sind die längere Trainingszeit sowie die kürzere CI-Erfahrung der Patienten bei Fu et al. zu nennen. Die CI-Erfahrung spielt insofern eine wichtige Rolle, als dass sich in den ersten Jahren nach der Implantation das Sprachverstehen der CI-Träger durch passive bzw. unbewusste Lernvorgänge verbessert [89, 90]. Folglich kann bei Fu et al. nicht ausgeschlossen werden, dass die Verbesserung des Sprachverstehens nicht nur durch das aktive Hörtraining erreicht wurde. Vielmehr muss gleichermaßen die durch passive Lernprozesse erzielbare Verbesserung berücksichtigt werden. Auch in der vorliegenden Arbeit wurde aufgrund eines limitierten Probandenpools, lediglich eine CI-Erfahrung von mindestens einem Jahr vorausgesetzt. Allerdings wies im Vergleich zu Fu et al., die in ihrer Studie sechs Patienten mit einjähriger CI-Erfahrung untersuchten, nur

ein Patient eine einjährige CI-Erfahrung auf, alle anderen Patienten waren seit mindestens zwei Jahren mit dem CI versorgt. Die mittlere CI-Erfahrung betrug in der vorliegenden Studie 6,9 Jahre. Dementsprechend sollten die passiven Lernvorgänge in den ersten Jahren nach der Implantation weitgehend vernachlässigbar sein. Da Lernprozesse im Rahmen eines Wechsels der Kodierungsstrategie oder durch die Anpassung des Sprachprozessors auch bei langjähriger CI-Erfahrung auftreten, wurde bei der Auswahl der Probanden für die vorliegende Studie darauf geachtet, dass zwischen dem Hörtraining und dem Wechsel einer Kodierungsstrategie bzw. der letzten Anpassung mindestens zwölf bzw. drei Monate lagen. Somit wurde versucht, jegliche Lernprozesse, die nicht auf das aktive Hörtraining zurückzuführen waren, auszuschalten. Um diese jedoch mit größerer Sicherheit ausschließen zu können, könnte in zukünftigen Studien über einen Vergleich mit einer Kontrollgruppe ohne aktives Hörtraining nachgedacht werden.

| Studien | Anzahl der Patienten | geforderte CI-Erfahrung (in Jahren) | Trainingszeitraum (in Wochen) | Trainingszeit |
|-----------------|----------------------|-------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Fu et al. | 10 | 1 | 4-16 | 60 Min. 5x pro Woche |
| Stacey et al. | 11 | 3 | 3 | 60 Min. 5x pro Woche |
| Schumann et al. | 8 | 2 | 4 | 45-60 Min. 2x pro Woche |
| Oba et al. | 10 | 1 | 4 | 30 Min. 5x pro Woche |
| Aktuelle Studie | 12 | 1 | 4 | 45 Min. 6x pro Woche |

Tab. 4: Vergleich der Studien: Anzahl der Patienten, geforderte CI-Erfahrung, Trainingszeitraum und Trainingszeit

Mit einem Sprachverstehen im Freiburger Einsilbertest in Ruhe von im Mittel 75,0% zu Beginn der Studie und einem mittleren Patientenalter von 58 Jahren waren bei Schumann et al. ähnliche Voraussetzungen gegeben wie in vorliegender Studie (Freiburger Einsilbertest: 72,5%; mittleres Alter: 59,3 Jahre) [78]. Ebenfalls wurde ein Trainingszeitraum von vier Wochen festgelegt. Zu erwähnen sind allerdings die geringere Patientenzahl (8 vs. 12) sowie die Unterschiede im Trainingsmaterial und in der Trainingszeit. So fand das von Schumann et al. verwendete PC-gestützte Hörtraining

lediglich zweimal pro Woche (vs. sechs Tage/Woche) in der Klinik statt. Zudem wurde ein reines Konsonant- und Vokaltraining durchgeführt, wohingegen in vorliegender Studie u. a. auch das Satzverstehen ohne und mit Hintergrundgeräuschen trainiert wurde. Während Schumann et al. signifikante Verbesserungen im Konsonantentraining um im Mittel 11,4% nachweisen konnten, verbesserte sich das Sprachverstehen im OLSA im Mittel nur gering und nicht signifikant um 0,6 dB. Dieser Unterschied zu den signifikanten Ergebnissen der vorliegenden Studie mit einer mittleren Verbesserung des OLSAs um 1,6 dB kann möglicherweise einerseits durch die geringere Intensität des Trainings und andererseits durch das Trainingsmaterial, welches nicht gezielt das Sprachverstehen im Störgeräusch trainierte, erklärt werden. Dies legt die Vermutung nahe, dass für eine Verbesserung im OLSA, durch den alltagsrelevante Hörsituationen geprüft werden sollen, ein dafür geeignetes Trainingsmaterial benötigt wird. Für erfahrene CI-Träger stellen überwiegend die Hörsituationen im Alltag, die mit Hintergrundgeräuschen einhergehen, Schwierigkeiten dar [7, 91, 92]. Ein Hörtraining mit Übungen zum Sprachverstehen im Störgeräusch kann alltägliche Situationen besser nachahmen als ein Hörtraining in Ruhe und erscheint deshalb sinnvoller zu sein [79].

Oba et al. konnten einen positiven Nutzen von aktivem Hörtraining im Störgeräusch nachweisen [79]. Ein nennenswerter Unterschied zu vorliegender Studie ist jedoch, dass bimodal versorgte Patienten bei Oba et al. mit dem Hörgerät trainierten und getestet wurden. Infolgedessen kann kein direkter Vergleich gezogen werden. Vielmehr muss bei Oba et al. auch von einem Lerneffekt auf das HG-versorgte Ohr ausgegangen werden. Ziel vorliegender Arbeit war jedoch die Wirksamkeit aktiven Hörtrainings einzig auf das CI-versorgte Ohr zu untersuchen. Dementsprechend wurde bei bimodal versorgten Patienten das Gegenohr während des Trainings und der Messungen mit einem Ohrstöpsel vertäubt. Um zu überprüfen, ob sich der Lerneffekt des Hörtrainings auf das Alltagshören mit beiden Ohren auswirkt, wurden zusätzlich Messungen des OLSAs im Störgeräusch mit HG durchgeführt. Dabei ergaben sich folgende Ergebnisse: Bei den bimodal versorgten Patienten ließ sich in den Messungen des OLSAs mit vertäubtem Gegenohr eine signifikante Verbesserung vom ersten auf den dritten Messtag um 1,6 dB beobachten (s. A.-Tab. 21, 22, 23, 24 und 25 im Anhang), während mit HG eine signifikante Verbesserung um im Mittel 1,8 dB ermittelt werden konnte (s. A.-Tab. 26, 27, 28, 29 und 30 im Anhang). Erwartungsgemäß hätten die bimodal versorgten Patienten mit dem HG deutlich höhere Anfangswerte aufweisen müssen als ohne HG. Das dies nicht so war,

lässt sich durch die teils schlecht eingestellten Hörgeräte bzw. durch kaum vorhandenes Restgehör einiger Patienten erklären. Die Tatsache, dass sich das Sprachverstehen sowohl mit als auch ohne HG um fast den gleichen Betrag verbessert, zeigt, dass die bimodal versorgten CI-Träger auch im Alltag mit der bimodalen Versorgung von dem Trainingseffekt des CIs profitieren können. Die minimale Verbesserung mit HG lässt allerdings vermuten, dass das Restgehör des HG-versorgten Ohres bei manchen Patienten geringfügig mittrainiert wurde und dementsprechend die Vertäubung mit dem Ohrstöpsel nicht ausreichend war. Um Lerneffekte des kontralateralen Ohres definitiv ausschließen zu können, sollte in Folge-Studien das Hörtraining auf der CI-Seite über ein Audiokabel laufen.

4.2. Einfluss verschiedener Faktoren auf den Lerneffekt im Störgeräusch

In vorliegender Arbeit wurde untersucht, ob der Lerneffekt im Störgeräusch vom Patientenalters, der CI-Erfahrung, der Performance der Patienten zu Beginn der Studie oder dem Zeitraum zwischen dem Beginn des Hörverlustes bis zur CI-Operation abhängt. Dabei konnte festgestellt, dass weder das Patientenalter noch der Zeitraum zwischen dem Beginn des Hörverlustes und der CI-OP in einem Zusammenhang mit dem Lerneffekt im Störgeräusch stehen. Die Performance sowie die CI-Erfahrung hingegen scheinen einen Einfluss zu haben.

Die Performance hat den größten Einfluss auf den Lerneffekt im Störgeräusch. Demnach profitieren vor allem Patienten mit einer schlechten Performance von einem aktiven Hörtraining. Dies überrascht jedoch kaum, da prinzipiell bei einem höheren Ausgangsniveau davon auszugehen ist, dass nur noch begrenzt Verbesserungspotenzial möglich ist. Auch Stacey et al. nehmen an, dass die geringeren Erfolge in ihrer Studie im Vergleich zu Fu et al. auf die bessere Anfangsperformance ihrer Studienteilnehmer zurückzuführen sind [77].

Zwischen der CI-Erfahrung und dem Lerneffekt im Störgeräusch besteht vermutlich ein Zusammenhang. Folglich können Patienten mit kürzerer CI-Erfahrung einen größeren Nutzen aus aktivem Hörtraining ziehen als bereits langjährig erfahrene CI-Träger. Allerdings wurde dies lediglich im Freiburger Einsilbertest eindeutig beobachtet, im OLSA waren nur Tendenzen zu erkennen. Auch Zeh und Baumann beschreiben in ihrer Studie über stationäre Rehabilitationsmaßnahmen bei erwachsenen CI-Trägern einen Unterschied im Lerneffekt zwischen kurz- und langerfahrenen CI-Trägern [54].

In der vorliegenden Studie zeigen die Anfangswerte im OLSA bei CI-Trägern mit kürzerer Erfahrung überwiegend eine geringere Performance auf. Dies könnte den größeren Lerneffekt im Vergleich zu Patienten mit einem bereits guten Ausgangsniveau erklären. Ebenfalls können bei Patienten mit kurzer CI-Erfahrung die passiven Lernprozesse nicht ausgeschlossen werden, die laut Tyler et al. bis zu fünf Jahre nach der Implantation beobachtet werden können und dementsprechend womöglich das Ergebnis beeinflusst haben [90].

| Patient | CI-Erfahrung (in Jahren) | OLSA (in dB S/N) | Patient | CI-Erfahrung (in Jahren) | OLSA (in dB S/N) |
|---------|-----------------------------|---------------------|---------|-----------------------------|---------------------|
| S02 | 11 | -3,8 | S12 | 2 | -1,9 |
| S05 | 5 | 3,4 | S13 | 3 | 1,5 |
| S06 | 8 | -1,7 | S14 | 8 | -0,6 |
| S08 | 1 | -1,9 | S15 | 3 | 0 |
| S09 | 3 | -2,3 | S16 | 9 | 7,6 |
| S10 | 22 | -3,1 | S17 | 8 | -3,6 |

Tab. 5: Anfangsperformance (im OLSA) und CI-Erfahrung der Studienteilnehmer

In Bezug auf das Patientenalter ließ sich keine eindeutige Abhängigkeit ermitteln. Im Freiburger Einsilbertest und auch im OLSA waren Tendenzen zu erkennen, die einen größeren Lerneffekt bei älteren Patienten vermuten lassen. Allerdings bestand diese Abhängigkeit jeweils nur an einem Messtag. Während im Freiburger Einsilber am dritten Messtag eine Tendenz zu erkennen war, zeigte sich diese im OLSA am zweiten Messtag. Einige Studien zu prä-/postoperativen Vergleichen zeigen ein unterschiedliches Leistungsniveau im Sprachverstehen von älteren und jüngeren CI-Trägern [54, 67, 93].

Demnach weisen ältere Patienten nach der Implantation eine geringere Performance in audiometrischen Untersuchungen auf als jüngere. Dies könnte angesichts des in vorliegender Arbeit ermittelten Einflusses der Anfangsperformance auf den Lerneffekt im Störgeräusch, erklären, wieso ältere Patienten möglicherweise mehr Profit aus einem Hörtraining ziehen könnten. In anderen Studien zu prä-/postoperativen Vergleichen hingegen konnte kein bedeutender Unterschied im Sprachverstehen von älteren und jüngeren CI-Trägern festgestellt werden [94-96]. Auch in vorliegender Studie lässt die Gegenüberstellung der Anfangsperformance jüngerer (MW: -0,6 dB S/N) und älterer (MW: -0,4 dB S/N) Patienten kaum einen Unterschied erkennen. Dies erklärt vermutlich, wieso sich lediglich Tendenzen feststellen ließen und kein eindeutiger Einfluss des Alters auf den Lerneffekt ermittelt wurde. Es sollte allerdings berücksichtigt werden, dass S16 mit einem Anfangswert von 7,6 dB im OLSA einen Ausreißer unter den jüngeren Patienten darstellt.

| Patient | Alter (in Jahren) | OLSA (in dB S/N) | Patient | Alter (in Jahren) | OLSA (in dB S/N) |
|---------|----------------------|---------------------|---------|----------------------|---------------------|
| S02 | 73 | -3,8 | S12 | 55 | -1,9 |
| S05 | 77 | 3,4 | S13 | 85 | 1,5 |
| S06 | 51 | -1,7 | S14 | 73 | -0,6 |
| S08 | 45 | -1,9 | S15 | 76 | 0 |
| S09 | 52 | -2,3 | S16 | 39 | 7,6 |
| S10 | 62 | -3,1 | S17 | 24 | -3,6 |

Tab. 6: Alter und Anfangsperformance (im OLSA) der Studienteilnehmer

Der Zeitraum zwischen dem Beginn des Hörverlustes bis zur CI-Operation hat in vorliegender Arbeit keinen Einfluss auf den Lerneffekt im Störgeräusch. Zeh und Baumann hingegen konnten in ihrer Studie in Bezug auf den Reha-Effekt in den Sprachverständlichkeitstests im Störgeräusch bei Patienten mit einer kürzeren Ertaubungsdauer eine größere Verbesserung nachweisen [54]. Diese kontroversen Ergebnisse sind vermutlich auf die Größe der Stichproben zurückzuführen. Zeh und Baumann untersuchten 1355 Datensätze postlingual ertaubter Patienten. Dementsprechend ist davon auszugehen, dass ihr Ergebnis valider ist.

4.3. Bedeutung eines aktiven Hörtrainings für das subjektive Sprachverständnis

In vorliegender Studie fanden der standardisierte und validierte NCIQ und der nicht-standardisierte für die Studie entwickelte Fragebogen Anwendung. Neben der objektiven Erfassung des Sprachverstehens durch die Sprachverständlichkeitstest lieferte die Verwendung dieser Fragebögen eine subjektive Beurteilung des Sprachverständnisses. Diese war notwendig um die Verbesserung des Sprachverstehens im Alltag aus Sicht der Patienten und somit realistisch beurteilen zu können, was allein durch die sprachaudiometrischen Tests nicht möglich gewesen wäre. Denn Veränderungen des Sprachverstehens wirken sich nicht nur auf die sprachrelevanten Fähigkeiten aus, sondern haben gleichermaßen einen Einfluss auf das Selbstwertgefühl sowie auf die täglichen Aktivitäten und das soziale Leben der Patienten [62].

Der NCIQ zeigte insgesamt schwach signifikante Ergebnisse. Insbesondere im Bereich der physischen Funktion waren leichte Verbesserungen zu erkennen. Während in der grundlegenden Schallwahrnehmung kaum Verbesserungen sichtbar waren, wurden die Fragen in der fortgeschrittenen Schallwahrnehmung und in der Sprachproduktion bis zum vierten Messtag stetig um insgesamt 3,6 bzw. 2,4 Punkte besser beurteilt. Auch wenn dies nur geringe Verbesserungen sind, unterstützen sie dennoch die Ergebnisse aus den sprachaudiometrischen Testverfahren und bestätigen einen positiven Nutzen von aktivem Hörtraining.

Im Bereich der psychischen Funktionen waren keine relevanten Verbesserungen sichtbar. Ein Grund hierfür könnte sein, dass die meisten der untersuchten Studienteilnehmer schon jahrelang mit dem CI leben und sich dementsprechend an das Leben mit dem CI gewöhnt haben. Ein aussagekräftiges Ergebnis in dem Bereich der psychischen Funktion ist bei einem prä-/postoperativem Vergleich der CI-Versorgung wahrscheinlicher [62, 97].

Im Bereich der sozialen Funktion hingegen wies die Aktivität eine Verbesserung um 2,2 Punkte auf, die auch am vierten Messtag konstant blieb. Die Fragen zur sozialen Interaktion wurden dagegen lediglich am dritten Messtag geringfügig besser beurteilt; am vierten Messtag wurden rückläufige Ergebnisse erfasst. Die Verbesserung in der Aktivität weist darauf hin, dass sich aktives Hörtraining nicht nur auf der Ebene des Hörvermögens

auswirkt, sondern auch auf sozialer Ebene. So kann durch Hörtraining die Lebensqualität der CI-Träger gesteigert werden.

Mit dem Studien-Fragebogen wurde im Vergleich zum NCIQ gezielt nach einer Verbesserung im Sprachverstehen, in der Höranstrengung sowie in dem Unterscheiden von Geräuschen in ruhiger sowie in lauter Umgebung durch das Training gefragt. Die Ergebnisse waren hierbei jedoch nicht signifikant.

Nahezu alle Fragen wurden am dritten Messtag besser bewertet als am zweiten Messtag. Dies liegt vermutlich daran, dass die Patienten am dritten Messtag im Vergleich zum zweiten Messtag eine bereits längere Trainingszeit hinter sich hatten. Während die Verbesserung des Sprachverstehens in ruhiger Umgebung nach dem Training mit 2,2 Punkten bzw. der Bewertung „manchmal“ im zweiten und dritten Messtag konstant blieb und sich am vierten Messtag leicht verringerte, wurde für das Verstehen von Sprache in lauter Umgebung eine stetige Verbesserung von 1,4 am zweiten auf 1,8 am vierten Messtag angegeben. Die Frage, ob das Sprachverstehen nach dem Training weniger anstrengend war als vor dem Training wurde in lauter Umgebung an allen Messtagen mit „manchmal“ beurteilt. In ruhiger Umgebung dagegen konnte vom zweiten auf den dritten Messtag eine Verbesserung von „selten“ auf „manchmal“ festgestellt werden, die allerdings keinen anhaltenden Trainingseffekt aufwies. Das Unterscheiden von Geräuschen fiel sowohl in ruhiger als auch in lauter Umgebung nach dem Training leichter als vor dem Training und verbesserte sich um 0,4 Punkte von „selten“ auf „manchmal“.

Durch diese Ergebnisse wird erneut der positive Nutzen eines aktiven Hörtrainings ersichtlich. Insbesondere die Verbesserungen des Hörvermögens in lauter Umgebung zeigen, dass erfahrene CI-Träger in alltagsrelevanten Hörsituationen von einem Hörtraining profitieren können.

Auch in den vorausgegangenen Studien (Schumann et al. und Oba et al.) konnten subjektive Verbesserungen des Alltagshören beschrieben werden. Stacey et al. konnten allerdings größtenteils nur minimale oder keine Verbesserungen feststellen. Dies könnte an der Verwendung des Glasgow Benefit Inventory-Fragebogen (GBI) gelegen haben. Dieser besteht aus 18 Fragen, die den Vorteil bzw. psychologische, soziale und emotionale Veränderungen im Wohlbefinden der Patienten nach chirurgischen Eingriffen oder Therapien im Hals-Nasen-Ohrenbereich bewerten [77, 98]. Der GBI enthält jedoch

keine speziellen Fragen zum Sprachverstehen und scheint somit für die Erfassung des subjektiven Sprachverstehens nach aktivem Hörtraining nicht geeignet zu sein.

4.4. Anhaltender Lerneffekt

Bei der Gegenüberstellung der Ergebnisse des dritten und vierten Messtages, lässt sich erkennen, dass die Verbesserung des Sprachverstehens sowohl in den Sprachverständlichkeitstest als auch in den verwendeten Fragebögen sechs Wochen nach dem Trainingszeitraum weitgehend konstant bleibt. Lediglich im OLSA in Ruhe sowie im Studien-Fragebogen ist eine rückläufige Tendenz zu beobachten. Allerdings liegen diese Ergebnisse noch über den Anfangswerten und somit ist auch hier noch eine Verbesserung des Sprachverstehens durch das Training zu erkennen.

| UNTERSUCHUNGSMETHODEN | ERGEBNISSE | ERGEBNISSE |
|--------------------------------------|-------------|-------------|
| | 3.Messtag | 4.Messtag |
| Freiburger Einsilber in Ruhe | 72,1% | 74,3% |
| Freiburger Einsilber im Störgeräusch | 14,6% | 14,8% |
| OLSA in Ruhe | 95,0% | 93,8% |
| OLSA im Störgeräusch | -2,1 dB S/N | -2,0 dB S/N |
| NCIQ | 68,0 Punkte | 68,0 Punkte |
| Studien-Fragebogen | 1,8 Punkte | 1,7 Punkte |

Tab. 7: Anhaltender Trainingseffekt: Vergleich der Mittelwerte der Sprachverständlichkeitstests und der Fragebögen am dritten (Trainingsende) und vierten Messtag (sechs Wochen nach Trainingsende)

Auch die Daten in der Literatur bestätigen Trainingseffekte über den Zeitraum des Trainings hinaus. So konnten Oba et al. vier Wochen nach dem Training einen größtenteils anhaltenden Trainingseffekt nachweisen [79]. Weiterhin schienen bei der von Schumann et al. durchgeführten Studie die Ergebnisse auch sechs Monate nach dem durchgeführten Training stabil zu bleiben [78].

Diese Ergebnisse bestätigen einen positiven Nutzen von aktivem Hörtraining und zeigen die Wichtigkeit auf, dieses in die CI-Nachsorge zu integrieren. Nur so kann jedem CI-Träger eine maximale Verbesserung des Sprachverstehens ermöglicht werden.

4.5. Rückschlüsse für die Praxis

4.5.1. Sprachverständlichkeitstests

Zur Erfassung des Sprachverstehens dienten wie bereits erwähnt der Oldenburger Satztest und der Freiburger Einsilbertest. Beide Testverfahren werden routinemäßig zur Überprüfung des Sprachverstehens bei CI-Trägern eingesetzt. Während der Freiburger Einsilbertest allerdings lediglich einzelne Wörter darbietet, ermöglicht der OLSA durch die Präsentation von Sätzen im Störgeräusch eine bessere Beurteilung der Verbesserung des Sprachverstehens in alltagsrelevanten Hörsituationen [99]. Um eine Vergleichbarkeit mit den internen Daten des terzo-Zentrums zu gewährleisten, wurden die Messungen jedoch mit beiden Tests durchgeführt.

Der Freiburger Einsilbertest wurde im Störgeräusch bei einem konstanten Stör- und Sprachpegel von 65 dB dargeboten. Einige Studienteilnehmer waren damit überfordert und empfanden den Test als zu schwer. Um eine Demotivation der Patienten zu vermeiden, sollte in zukünftigen Folge-Studien das Störgeräusch möglicherweise in einer geringeren Lautstärke als das Sprachsignal präsentiert werden.

Ein weiteres Kriterium, das in weiterführenden Studien beachtet werden sollte, ist das Unterscheiden von tatsächlich durch das Hörtraining bedingten Lerneffekten, von Lerneffekten, die durch die verwendeten audiometrischen Testverfahren bedingt sind [76, 77]. Fu et al. und nachfolgend Stacey et al. versuchten durch ein intensives Training der Sprachverständlichkeitstests vor Beginn des Hörtrainings stabile Werte in diesen Tests zu erreichen. So konnte die Verbesserung des Sprachverstehens während des Hörtrainings einzig auf dieses zurückgeführt werden. Auch in vorliegender Studie wurde durch die Anwendung von Testlisten versucht, Lerneffekte zu umgehen. Dennoch sind diese nicht mit Sicherheit auszuschließen. In zukünftigen Studien würde sich deshalb der Vergleich mit einer Kontrollgruppe, die kein Hörtraining erhält, anbieten. Eine weitere Alternative

wäre das Verfahren von Fu et al. bzw. Stacey et al. zu übernehmen. Dies ist allerdings mit einem großen Zeitaufwand für die Patienten verbunden.

4.5.2. Fragebögen

Der NCIQ hat sich zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität bewährt [97]. Zusätzlich zu der Beurteilung des Hörens und der Sprachproduktion werden durch den NCIQ auch psychologische und soziale Aspekte ermittelt [62]. Der NCIQ ermöglicht somit eine umfassende subjektive Beurteilung des Kommunikationsvermögens in Alltagssituationen.

Der Studien-Fragebogen wurde für die Studie entwickelt und sollte im Vergleich zu dem NCIQ die Verbesserung des Sprachverstehens nicht indirekt durch das Aufführen von allgemeinen Alltagssituationen (z. B. „Können Sie Hintergrundgeräusche hören (Toilettenspülung/Staubsauger)?“) erfragen, sondern direkt nach einer Verbesserung des Alltagshören durch das Training (z. B. „Können Sie nach dem Training in lauter Umgebung Sprache besser verstehen als vor dem Training?“) fragen. Dies ist kritisch zu betrachten, da die CI-Träger durch die Fragestellung eventuell beeinflusst wurden, eine Verbesserung anzugeben.

4.5.3. Trainingsmaterial

Die ausführliche Einweisung in das Trainingsmaterial des terzo-Zentrums München sollte den Patienten als Motivation für das bevorstehende Hörtraining dienen. Die Motivation kann als eine Grundvoraussetzung für eine möglichst gute Compliance der Patienten bei der Durchführung des Trainings betrachtet werden. Nur durch motivierte Teilnehmer, die gewillt sind den Aufwand eines täglichen Trainings auf sich zu nehmen, kann die Wirksamkeit eines aktiven Hörtrainings adäquat beurteilt werden.

Im Vergleich zu den bereits aufgeführten Studien bestand das Trainingsmaterial in vorliegender Studie nicht aus einem PC-gestützten Hörtraining sondern aus einem CD-Player und einer Trainings-CD. Dies hatte den Vorteil, dass die Patienten nicht auf einen funktionierenden Computer bzw. Computerkenntnisse angewiesen waren. Weiterhin konnte das Hörtraining wie auch bei Fu et al., Oba et al. und Stacey et al. täglich von zu Hause aus durchgeführt werden. Somit blieben den Patienten lange Anfahrtswege und

Kosten erspart. Schumann et al. hingegen führten das Hörtraining zweimal pro Woche in der Klinik durch. Als möglicher Vorteil ist hierbei die Kontrolle über das Training zu erwähnen. Trainieren die Patienten dagegen zu Hause, so ist man auf ihre wahrheitsgemäßen Aussagen bezüglich der Trainingszeit und der Trainingsbedingungen angewiesen. Zu Hause kann während des Trainings nicht immer eine ruhige Umgebung gewährleistet werden, was zu Ablenkung und Konzentrationsverlust führen kann. Als Nachteil eines in der Klinik durchgeführten Trainings kann der größere Aufwand für die Patienten sowie die geringere Intensität des Hörtrainings bei weniger als fünf Trainingseinheiten pro Woche angebracht werden.

Die terzo®-Gehörtherapie deckte Basisaufgaben wie das Verstehen von Wörtern, Zahlen, Silben ab und beinhaltete verschiedene Übungen zum Satzverstehen in Ruhe und im Störgeräusch. Durch das breite Aufgabenspektrum sollte eine Alltagsrelevanz sichergestellt werden. Die Schwierigkeit und Lautstärke der Trainingseinheiten wurden im Verlauf des Trainings stetig gesteigert. So sollte eine tägliche Herausforderung garantiert werden. Dennoch bewerteten die Studienteilnehmer die terzo®-Gehörtherapie insgesamt mit „eher leicht“ (MW: 3,2). Dabei machte das Training im Mittel „manchmal“ Spaß. Die meisten Patienten berichteten, dass sie mit dem Hörtraining zufrieden waren und im Alltag davon profitieren konnten.

Es lässt sich schlussfolgern, dass die terzo®-Gehörtherapie ein Hörtraining darstellt, das erfahrenen CI-Träger in Abhängigkeit von ihrer Performance und der CI-Erfahrung eine Verbesserung des Sprachverstehen ermöglichen kann.

4.6. Ausblick

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen einen positiven Nutzen von aktivem Hörtraining bei erfahrenen CI-Trägern. Ergänzend zu den Ergebnissen von vorherig durchgeführten Studien sollte in Zukunft aktives Hörtraining als fester Bestandteil in die Nachsorge von CI-Trägern integriert werden. Somit können die Patienten entsprechend ihren individuellen Voraussetzungen ein möglichst gutes Sprachverstehen mit dem CI

erreichen. Dies hat Auswirkungen auf die alltägliche Kommunikation und verbessert die Lebensqualität der CI-Träger.

In weiterführenden Studien sollte die Wirksamkeit von aktivem Hörtraining an höheren Patientenzahlen nachgewiesen werden und über den Vergleich mit einer Kontrollgruppe, die kein Hörtraining erhält, nachgedacht werden. Somit können passive Lerneffekte sowie Lerneffekte, die durch die verwendeten audiometrischen Testverfahren bedingt sind, mit Sicherheit ausgeschlossen werden. Zudem bleibt zu klären, wie lange ein Training durchgeführt werden soll und ob es wiederholt gehört bzw. ab wann und ob der Lernfortschritt in einem Grenzwert konvergiert. Sicherlich könnte die Frage nach dem sinnvollsten Trainingsmaterial für Verbesserungen im Alltagshören interessant sein. Ferner sollte herausgefunden werden, welches Trainingsmaterial für CI-Träger mit gutem bzw. mit schlechtem Sprachverstehen am besten geeignet ist. Weiterhin bleibt offen, bei welchen Versorgungsformen (bimodal/bilateral) ein aktives Hörtraining am effektivsten ist.

5. Zusammenfassung

Cochlea Implantate werden heutzutage zur Behandlung von Innenohrschäden als erfolgreiche und sichere Versorgung eingesetzt. Trotz intensiver Rehabilitationsmaßnahmen, ist das erreichbare Sprachverstehen von CI-Trägern individuell sehr unterschiedlich. Manche Patienten erreichen schon nach kurzer Zeit ein offenes Sprachverständnis, andere haben selbst nach jahrelanger CI-Erfahrung Schwierigkeiten einer Unterhaltung zu folgen. Aber auch erfahrene CI-Träger mit einem guten Sprachverständnis stoßen mit der CI-Versorgung vor allem in geräuschvoller Umgebung an ihre Grenzen. Folglich stellte sich die Frage, ob durch aktives Hörtraining das Sprachverstehen von erfahrenen CI-Trägern verbessert werden kann. Dies konnte in Studien von Fu et al., Stacey et al. sowie Schumann et. al und Oba et al. nachgewiesen werden [7, 76-79]. Hierauf aufbauend wurde in vorliegender Arbeit der Nutzen von aktivem Hörtraining bei CI-Trägern mit mindestens einjähriger CI-Erfahrung untersucht und der Schwerpunkt der Studie auf die Verbesserung des Sprachverstehens im Störgeräusch und die darauf Einfluss nehmenden Faktoren gelegt.

An der prospektiven klinischen Studie nahmen zwölf postlingual ertaubte Patienten, darunter sieben Frauen und fünf Männer, teil. Die Altersspanne der Patienten reichte von 24 bis 85 Jahren (MW: 59,3). Die Hälfte der Teilnehmer wies eine bilaterale CI-Versorgung auf, die andere Hälfte war bimodal versorgt. Die kürzeste CI Erfahrung betrug ein Jahr, die längste 33 Jahre (MW: 6,9). Der Zeitraum zwischen dem Beginn des Hörverlustes bis zur CI-OP erstreckte sich von 2 bis 47 Jahren (MW: 22,8).

Alle Teilnehmer erhielten zu Beginn der Studie ein durch das terzo-Zentrum München bereitgestelltes Trainingsmaterial (terzo®-Gehörtherapie) und trainierten anschließend zu Hause sechs Tage pro Woche über einen Gesamtzeitraum von vier Wochen mit einer täglichen Trainingszeit von durchschnittlich ca. 45 Minuten. Durch die Übungen des Hörtrainings wurde das Verstehen von Wörtern, Zahlen sowie von Silben und ganzen Sätzen in Ruhe und mit Hintergrundgeräuschen mit dem CI-versorgten Ohr trainiert. Im Falle einer bimodalen Versorgung musste das kontralaterale Ohr während des Trainings und bei allen Messungen mit einem Ohrstöpsel vertäubt werden.

Zu Beginn der Studie, nach einem Trainingszeitraum von zwei und vier Wochen und sechs Wochen nach Ende des Trainings wurde das Sprachverstehen der CI-Träger mit

dem Freiburger Einsilbertest und dem Oldenburger Satztest untersucht. Weiterhin wurde das subjektive Sprachverstehen mithilfe des Nijmegen Cochlear Implant Questionnaire und einem nicht-standardisierten für die Studie entwickelten Fragebogen ermittelt.

Die Ergebnisse zeigten in allen verwendeten Testmethoden eine Verbesserungen des Sprachverstehens. Während im Freiburger Einsilbertest keine signifikanten Verbesserungen nachgewiesen werden konnten, verbesserte sich das Sprachverstehen im Mittel im OLSA vom ersten bis zum dritten Messtag in Ruhe um 3,3 Prozentpunkte und im Störgeräusch um 1,6 dB signifikant. Auch sechs Wochen nach dem Trainingsende blieben die Werte weitgehend konstant und ließen damit einen anhaltenden Trainingseffekt erkennen. Bei der Untersuchung der auf den Lerneffekt im Störgeräusch Einfluss nehmenden Faktoren konnte festgestellt werden, dass weder das Patientenalter noch der Zeitraum zwischen dem Beginn des Hörverlustes bis zur CI-Operation einen eindeutigen Einfluss auf den Lerneffekt haben. Anders verhält es sich mit der CI-Erfahrung und der Performance zu Beginn der Studie. Insbesondere CI-Träger mit einem schlechteren Startniveau bzw. einer kürzeren CI-Erfahrung konnten von dem aktiven Hörtraining profitieren.

In den Fragebögen konnten geringe Verbesserungen des subjektiven Sprachverstehens erfasst werden. So verbesserte sich die gesundheitsbezogene Lebensqualität im NCIQ überwiegend im Bereich der physischen Funktion schwach signifikant. Vor allem die fortgeschrittene Schallwahrnehmung und die Sprachproduktion wurden im Verlauf des Trainings um 3,6 bzw. 2,4 Punkte besser bewertet. Darüber hinaus konnten im Studien-Fragebogen während des Trainings nicht signifikante Verbesserungen im Unterscheiden von Geräuschen in ruhiger und in lauter Umgebung sowie im Sprachverstehen, insbesondere in lauter Umgebung, ermittelt werden. Ferner wurde die Höranstrengung als „manchmal“ weniger ermüdend beschrieben.

Die Ergebnisse zeigen einen positiven Nutzen von aktivem Hörtraining bei erfahrenen CI-Trägern. Durch das aktive Training kann das Sprachverstehen sowohl objektiv als auch subjektiv verbessert werden und hat folglich einen positiven Einfluss auf die Lebensqualität der CI-Träger. Um auch erfahrenen CI-Trägern den bestmöglichen Erfolg im Hören mit der CI-Versorgung zu ermöglichen, sollte das aktive Hörtraining in Zukunft als fester Bestandteil in die Nachsorge eingebaut werden.

6. Literaturverzeichnis

1. Hellbrück, J. and W. Ellermeier, *Hören: Physiologie, Psychologie und Pathologie*. 2004: Hogrefe Verlag. p.18-22.
2. Hermann-Röttgen, M., *Cochlea- & Mittelohrimplantate: ein Ratgeber für Betroffene und Therapeuten*. 2010: TRIAS. p. 10; 17-18; 27; 41; 44-45; 58; 66-72.
3. Helms, J. and J. Müller, *Die Auswahl eines Cochlea-Implants und die Ergebnisse der Implantation*. Laryngo-, Rhino-, Otologie, 1999. **78**(1): p. 12-13.
4. Aschendorff, A., N. Marangos, and R. Laszig, *Früh- und Langzeitergebnisse in der Rehabilitation erwachsener Cochlear-Implant-Patienten*. Laryngo-, Rhino-, Otologie, 1997. **76**(5): p. 275-277.
5. Müller, J., *Die apparative Versorgung der Schwerhörigkeit: Cochlea-Implantate und Hirnstammimplantate-Aktuelle Entwicklungen der letzten 10 Jahre*. Laryngo-, Rhino-, Otologie. Supplement, 2005. **84**(1).
6. Diller, G., *(Re) habilitation nach Versorgung mit einem Kochleaimplantat*. HNO, 2009. **57**(7): p. 649-656.
7. Fu, Q.-J. and J.J. Galvin, *Maximizing cochlear implant patients' performance with advanced speech training procedures*. Hearing research, 2008. **242**(1): p. 198-208.
8. Aumüller, G., et al., *Anatomie, Duale Reihe*. Georg Thieme Verlag, S, 2007. **970**: p. 1081-1100.
9. Kugler, P., *Zelle, Organ, Mensch*. München, Urban und Fischer, 2006: p. 468-470; Abb. 473.
10. Mrowinski, D. and G. Scholz, *Audiometrie: eine Anleitung für die praktische Hörprüfung*. 2011: Georg Thieme Verlag. p.13-36.
11. Behrends, J., J. Bischofberger, and R. Deutzmann, *Duale Reihe Physiologie*. 2012: Georg Thieme Verlag. p.676-78.
12. Organization, W.H., *Report of the Informal Working Group on Prevention of Deafness and Hearing Impairment Programme Planning, Geneva, 18-21 June 1991*. 1991.
13. Mathers, C., A. Smith, and M. Concha, *Global burden of hearing loss in the year 2000*. Global burden of Disease, 2000. **18**: p. 1-30.
14. Feldmann, H., *Die Problematik der quantitativen Bewertung von Hörstörungen in der Begutachtung*. Laryngologie, Rhinologie, Otologie und ihre Grenzgebiete, 1988. **67**(07): p. 319-325.
15. Bisitz, T., et al., *Klassifikation von Schwerhörigkeit anhand des Tonaudiogramms für Screening-Zwecke*.
16. Zahnert, T., *Differenzialdiagnose der Schwerhörigkeit*. Dtsch Arztebl Int, 2011. **108**(25): p. 432-43.
17. Isaacson, J.E. and N.M. Vora, *Differential diagnosis and treatment of hearing loss*. Am Fam Physician, 2003. **68**(6): p. 1125-32.
18. Sohn, W. and W. Jörgenshaus, *Hals-Nasen-Ohren-Erkrankungen-Schwerhörigkeit in Deutschland-Repräsentative Horscreening-Untersuchung bei 2000 Probanden in 11 Allgemeinpraxen*. ZFA-Zeitschrift für Allgemeinmedizin-Ausgabe A, 2001. **77**(3): p. 143-147.
19. Statistisches Bundesamt (destatis), W., *7,5 Millionen schwerbehinderte Menschen leben in Deutschland, Pressemitteilung vom 29.07.2014 -266/14*. https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2014/07/PD14_266_227.html;jsessionid=0D03CE21C32736D5406E17E3544B6173.cae3.

20. Holube, I. and P. von Gablenz, *Wie schlecht hört Deutschland im Alter*. Tagungsband der, 2013. **16**.
21. Streppel, M., et al., *Themenheft 29" Hörstörungen und Tinnitus"*. 2006: p. p.17-22.
22. Richtberg, W. and H.J. Bocknik, *Hörbehinderung als psycho-soziales Leiden*. 1980: Bundesminister für Arbeit u. Sozialordnung (Referat Presse-und Öffentlichkeitsarbeit).
23. TESCH-RÖMER, C. and H. WAHL, *Was es bedeutet*. Seh-und Höreinbußen älterer Menschen: Herausforderungen in Medizin, Psychologie und Rehabilitation, 2013: p. 1-7.
24. Eitner, J. and A. für Hörgeräte-Akustik, *Zur Psychologie und Soziologie Hörbehinderter*. 1990: Median-Verlag. p. 60.
25. Mazurek, P.D.B. and G. Hesse, *Aktueller Stand der Tinnitusforschung und-therapie*. HNO, 2010. **58**(10): p. 971-972.
26. Arnold, B., *Hörstörungen*. Pädiatrische Differenzialdiagnostik, 2014: p. 279-283.
27. Ptok, M., *das schwerhörige Kind*. DEUTSCHES ARZTEBLATT-KOLN-, 1997. **94**: p. 1558-1563.
28. Behrbohm, H., O. Kaschke, and T. Nawka, *Kurzlehrbuch Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde*. 2012: Georg Thieme Verlag. p. 59-63.
29. Gemeinsamer Bundesausschuss, G., *BA (2008): Richtlinie des Gemeinsamen Bundesausschusses über die Verordnung von Hilfsmitteln in der vertragsärztlichen Versorgung (Hilfsmittel-Richtlinie)*. 2008, Neufassung vom.
30. Hartrampf, R., *Indikation, Kontraindikation und Voruntersuchung bei Kindern, in Cochlea-Implantat*. 1998, Springer. p. 95-107.
31. Deutsche Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, K.-u.H.-C.e.V., *S2k-Leitlinie: Cochlea Implantat Versorgung und zentral- auditorische Implantate*. 2012.
32. Klenzner, T., et al., *Zur Indikationserweiterung des „cochlear-implant“ Freiburger Ergebnisse bei Patienten mit Resthörigkeit*. HNO, 1999. **47**(2): p. 95-100.
33. Kral, A., et al., *Delayed maturation and sensitive periods in the auditory cortex*. Audiology and Neurotology, 2001. **6**(6): p. 346-362.
34. Sharma, A., M.F. Dorman, and A.J. Spahr, *A sensitive period for the development of the central auditory system in children with cochlear implants: implications for age of implantation*. Ear and hearing, 2002. **23**(6): p. 532-539.
35. Aschendorff, A., et al., *Langzeitergebnisse nach Kochleaimplantatversorgung bei Kindern*. HNO, 2009. **57**(7): p. 657-662.
36. Massinger, C., K. Lippert, and A. Keilmann, *Verzögerung in der Hörbahnreifung*. HNO, 2004. **52**(10): p. 927-934.
37. Matschke, R., C. Stenzel, and P. Plath, *Anatomische und elektrophysiologische Befunde der Hörbahnreifung des Menschen, in Teil II: Sitzungsbericht*. 1991, Springer. p. 147-149.
38. van de Weyer, P.S. and P.K. Plinkert, *Formen und Pathogenesen der Schwerhörigkeit*.
39. Hoth, S., et al., *Universelles Neugeborenen-Hörscreening*. HNO, 2009. **57**(1): p. 29-36.
40. Laszig, R., et al., *Benefits of bilateral electrical stimulation with the nucleus cochlear implant in adults: 6-month postoperative results*. Otology & Neurotology, 2004. **25**(6): p. 958-968.
41. Müller, J., F. Schon, and J. Helms, *Speech understanding in quiet and noise in bilateral users of the MED-EL COMBI 40/40+ cochlear implant system*. Ear and hearing, 2002. **23**(3): p. 198-206.

42. Schleich, P., P. Nopp, and P. D'Haese, *Head shadow, squelch, and summation effects in bilateral users of the MED-EL COMBI 40/40+ cochlear implant*. Ear and hearing, 2004. **25**(3): p. 197-204.
43. Nopp, P., P. Schleich, and P. D'haese, *Sound localization in bilateral users of MED-EL COMBI 40/40+ cochlear implants*. Ear and Hearing, 2004. **25**(3): p. 205-214.
44. van Hoesel, R.J. and R.S. Tyler, *Speech perception, localization, and lateralization with bilateral cochlear implants*. The Journal of the Acoustical Society of America, 2003. **113**(3): p. 1617-1630.
45. Jacob, P.D.R., et al., *Audiologische Ergebnisse mit Cochlear implant bei einseitiger Taubheit*. HNO, 2011. **59**(5): p. 453-460.
46. Arndt, S., et al., *Einseitige Taubheit und Cochlear-implant-Versorgung*. HNO, 2011. **59**(5): p. 437-446.
47. Adunka, O. and J. Kiefer, *Fortbildung*.
48. Loizou, P.C., M. Dorman, and J. Fitzke, *The effect of reduced dynamic range on speech understanding: implications for patients with cochlear implants*. Ear and hearing, 2000. **21**(1): p. 25-31.
49. Battmer, R.-D., *25 Jahre Cochlear-Implantat in Deutschland—eine Erfolgsgeschichte mit Perspektiven: Indikationserweiterung, Reliabilität der Systeme*, in *Cochlear Implant heute*. 2009, Springer. p. 1-9.
50. Wilson, B.S., et al., *Better speech recognition with cochlear implants*. Nature, 1991. **352**(6332): p. 236-238.
51. Wilson, B.S., et al., *COCHLEAR IMPLANTS: Some Likely Next Steps**. Annual Review of Biomedical Engineering, 2003. **5**(1): p. 207-249.
52. Hochmair, I., et al., *MED-EL cochlear implants: state of the art and a glimpse into the future*. Trends in amplification, 2006. **10**(4): p. 201-219.
53. Nobbe, A., et al., *Vergleich einer Feinstruktur-Strategie mit der CIS+-Strategie bzgl. Tonhöhenunterscheidung bei MED-EL Benutzern*. 2006.
54. Zeh, R. and U. Baumann, *Stationäre Rehabilitationsmaßnahmen bei erwachsenen CI-Trägern*. HNO, 2015. **8**(63): p. 557-576.
55. Rost, U. and A. Strauß-Schier, *Rehabilitations-und Testkonzepte bei Erwachsenen*, in *Cochlea-Implantat*. 1998, Springer. p. 136-145.
56. Sampaio, A.L., M.F. Araujo, and C.A. Oliveira, *New criteria of indication and selection of patients to cochlear implant*. Int J Otolaryngol, 2011. **2011**: p. 573968.
57. Vischer, M., et al., *Das Cochlea-Implantat—Entwicklung von Gehör und Sprache mit einem künstlichen Innenohr*. Therapeutische Umschau, 2004. **61**(1): p. 53-60.
58. Müller-Deile, J., et al., *Verbesserung der Sprachverständlichkeit durch neuen Cochlear-Implant-Sprachprozessor*. HNO, 2009. **57**(6): p. 567-574.
59. Kiefer, J., et al., *Combined electric and acoustic stimulation of the auditory system: results of a clinical study*. Audiology and Neurotology, 2005. **10**(3): p. 134-144.
60. Hamzavi, J., et al., *Hearing Performance in Noise of Cochlear Implant Patients versus Severely-Profoundly Hearing-Impaired Patients with Hearing Aids: Rendimiento auditivo en ambiente ruidoso en pacientes con implante coclear versus hipoacúsicos profundos con auxiliar auditivo*. International Journal of Audiology, 2001. **40**(1): p. 26-31.
61. Adams, J.S., et al., *Telephone use and understanding in patients with cochlear implants*. Ear, nose & throat journal, 2004. **83**(2): p. 96.
62. Hinderink, J.B., P.F. Krabbe, and P. Van Den Broek, *Development and application of a health-related quality-of-life instrument for adults with cochlear implants: the Nijmegen cochlear implant questionnaire*. Otolaryngology-Head and Neck Surgery, 2000. **123**(6): p. 756-765.

63. Haensel, J., W. van Treeck, and M. Westhofen, *Untersuchungen zur Lebensqualität nach Cochlea-Implantation bei postlingual ertaubten Patienten*.
64. Huhnd, L.E., *Einfluss der Cochlea Implantat Versorgung auf Lebensqualität, Sprachverstehen, Tinnitus und psychische Komorbiditäten unter besonderer Berücksichtigung älterer Patienten*. 2011, Freie Universität Berlin.
65. Duarte, I., et al., *Health-related quality of life in children and adolescents with cochlear implants: self and proxy reports*. *Acta oto-laryngologica*, 2014. **134**(9): p. 881-889.
66. E. Faber, A.M.G., Christian, *Cochlear implantation and change in quality of life*. *Acta Oto-Laryngologica*, 2000. **120**(543): p. 151-153.
67. Vermeire, K., et al., *Quality-of-life benefit from cochlear implantation in the elderly*. *Otology & Neurotology*, 2005. **26**(2): p. 188-195.
68. Harris, J.P., J.P. Anderson, and R. Novak, *An outcomes study of cochlear implants in deaf patients: audiologic, economic, and quality-of-life changes*. *Archives of Otolaryngology–Head & Neck Surgery*, 1995. **121**(4): p. 398-404.
69. Mo, B., M. Lindbæk, and S. Harris, *Cochlear implants and quality of life: a prospective study*. *Ear and hearing*, 2005. **26**(2): p. 186-194.
70. Manrique, M., et al., *Advantages of cochlear implantation in prelingual deaf children before 2 years of age when compared with later implantation*. *The Laryngoscope*, 2004. **114**(8): p. 1462-1469.
71. Laszig, R., *Cochlear Implant bei Kindern*. *Monatsschrift Kinderheilkunde*, 2001. **149**(9): p. 900-906.
72. Hahne, A., et al., *Sentence comprehension in proficient adult cochlear implant users: On the vulnerability of syntax*. *Language and Cognitive Processes*, 2012. **27**(7-8): p. 1192-1204.
73. Wolf, A., et al., *Kognitive Prozesse des Sprachverstehens bei Erwachsenen und Kindern mit Cochlea-Implantat*.
74. Hoffmann, V., *Auditive Satzverarbeitung bei postlingual ertaubten Erwachsenen mit Cochlea-Implantaten*. 2013, Universität zu Köln. p. S. 9.
75. Heinemann, S., *Der Weg zum neuen Hören: Aspekte der Beratung und Therapie von erwachsenen Cochlea-Implantat-Trägern*. *Spektrum Patholinguistik*| 7, 2014: p. 13.
76. Fu, Q.-J., et al., *Moderate auditory training can improve speech performance of adult cochlear implant patients*. *Acoustics Research Letters Online*, 2005. **6**(3): p. 106-111.
77. Stacey, P.C., et al., *Effectiveness of computer-based auditory training for adult users of cochlear implants*. *International journal of audiology*, 2010. **49**(5): p. 347-356.
78. Schumann, A., et al., *PC gestütztes Hörtraining bei erwachsenen CI-Trägern–Ergebnisse einer Vorstudie*.
79. Oba, S.I., Q.-J. Fu, and J.J. Galvin III, *Digit training in noise can improve cochlear implant users' speech understanding in noise*. *Ear and hearing*, 2011. **32**(5): p. 573.
80. Terzo- Zentrum, M., *Die terzo®-Gehörtherapie*. www.terzo-zentrum.de.
81. Strutz, J. and W.J. Mann, *Praxis der HNO-Heilkunde, Kopf-und Halschirurgie*. 2009: Georg Thieme Verlag. p.24-25.
82. Wendler, J., *Lehrbuch der Phoniatrie und Pädaudiologie*. 2005: Georg Thieme Verlag. p.385.
83. OLSA, O.S., *Handbuch und Hintergrundwissen*. HörTech gGmbH, Marie-Curie-Straße, 2000. **2**.
84. Wagener, K., *Entwicklung und Evaluation eines Satztests für die deutsche Sprache*. 1998.

-
85. Wagener, K., T. Brand, and B. Kollmeier, *Entwicklung und Evaluation eines Satztests fr die deutsche Sprache III: Evaluation des Oldenburger Satztests*. Zeitschrift fr Audiologie/Audiological Acoustics, 1999. **38**: p. 8695.
 86. Bartlett, M.S., *Properties of sufficiency and statistical tests*. Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences, 1937: p. 268-282.
 87. Rasch, B., et al., *Quantitative methoden*. 2004: Springer.
 88. Rasch, B., et al., *Quantitative Methoden. Einföhrung in die Statistik. Band 1. 2., erweiterte Auflage*. 2006, Heidelberg: Springer.
 89. Spivak, L.G. and S.B. Waltzman, *Performance of cochlear implant patients as a function of time*. Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 1990. **33**(3): p. 511-519.
 90. Tyler, R.S., et al., *Performance over time of adult patients using the Ineraid or Nucleus cochlear implant*. The Journal of the Acoustical Society of America, 1997. **102**(1): p. 508-522.
 91. Kiefer, J., et al., *Speech understanding in quiet and in noise with the CIS speech coding strategy (MED-EL Combi-40) compared to the multipeak and spectral peak strategies (Nucleus)*. Orl, 1996. **58**(3): p. 127-135.
 92. Fu, Q.-J., R.V. Shannon, and X. Wang, *Effects of noise and spectral resolution on vowel and consonant recognition: Acoustic and electric hearing*. The Journal of the Acoustical Society of America, 1998. **104**(6): p. 3586-3596.
 93. Chatelin, V., et al., *Cochlear implant outcomes in the elderly*. Otology & Neurotology, 2004. **25**(3): p. 298-301.
 94. Haensel, J., et al., *Speech perception in elderly patients following cochlear implantation*. Acta oto-laryngologica, 2005. **125**(12): p. 1272-1276.
 95. Labadie, R.F., et al., *Cochlear implant performance in senior citizens*. Otolaryngology--Head and Neck Surgery, 2000. **123**(4): p. 419-424.
 96. Pasanisi, E., et al., *Speech recognition in elderly cochlear implant recipients*. Clinical Otolaryngology & Allied Sciences, 2003. **28**(2): p. 154-157.
 97. Hirschfelder, A., S. Gräbel, and H. Olze, *The impact of cochlear implantation on quality of life: the role of audiologic performance and variables*. Otolaryngology--Head and Neck Surgery, 2008. **138**(3): p. 357-362.
 98. Robinson, K., S. Gatehouse, and G.G. Browning, *Measuring patient benefit from otorhinolaryngological surgery and therapy*. Annals of Otology, Rhinology & Laryngology, 1996. **105**(6): p. 415-422.
 99. Arndt, O., *Praxis der HNO-Heilkunde, Kopf-und Halschirurgie*. 2010: Georg Thieme Verlag. p. 976.
 100. Lehnhardt, E., *Entwicklung des Cochlea-Implantats und das Cochlea-Implantat-Projekt in Hannover*, in *Cochlea-Implantat*. 1998, Springer. p. 1-8.
 101. Schaarschmidt, M., *Cochlea Implantate: Wenn Hörgeräte nicht mehr helfen...* Deutsches Ärzteblatt International. **110**: p. 36.

7. Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abb. 1: Anatomie des Ohres | 9 |
| Abb. 2.: Querschnitt der Cochlea | 10 |
| Abb. 3: Hörbereich des Menschen | 12 |
| Abb. 4: Aufbau eines Cochlea-Implantats | 19 |
| Abb. 5: Grundaufbau des NCIQ..... | 37 |
| Abb. 6: Freiburger Einsilber in Ruhe: Mittelwert der Sprachverständlichkeit aller Patienten für jeden Messtag und Standardabweichung | 41 |
| Abb. 7: OLSA in Ruhe: Mittelwert der Sprachverständlichkeit aller Patienten für jeden Messtag und Standardabweichung..... | 42 |
| Abb. 8: Freiburger Einsilber im Störgeräusch: Mittelwert der Sprachverständlichkeit aller Patienten für jeden Messtag und Standardabweichung | 43 |
| Abb. 9: OLSA im Störgeräusch: Mittelwert der Sprachverständlichkeitsschwelle aller Patienten für jeden Messtag und Standardabweichung | 44 |
| Abb. 10: OLSA im Störgeräusch: Vergleich der Sprachverständlichkeitsschwelle der bimodal versorgten Patienten mit vertäubtem Gegenohr vs. mit HG..... | 45 |
| Abb. 11: Freiburger Einsilber im Störgeräusch: Lerneffekt in Abhängigkeit vom Alter der Patienten..... | 47 |
| Abb. 12: OLSA im Störgeräusch: Lerneffekt in Abhängigkeit vom Alter der Patienten . | 48 |
| Abb. 13: Freiburger Einsilber im Störgeräusch: Lerneffekt in Abhängigkeit von der CI- Erfahrung der Patienten | 49 |
| Abb. 14: OLSA im Störgeräusch: Lerneffekt in Abhängigkeit von der CI- Erfahrung der Patienten..... | 49 |
| Abb. 15: Freiburger Einsilber im Störgeräusch: Lerneffekt in Abhängigkeit von der Performance der Patienten zu Beginn der Studie | 50 |
| Abb. 16: OLSA im Störgeräusch: Lerneffekt in Abhängigkeit von der Performance der Patienten zu Beginn der Studie | 51 |

| | |
|--|----|
| Abb. 17: Freiburger Einsilber im Störgeräusch: Lerneffekt in Abhängigkeit von dem Zeitraum zwischen dem Beginn des Hörverlustes bis zur CI-Operation..... | 52 |
| Abb. 18: OLSA im Störgeräusch: Lerneffekt in Abhängigkeit von dem Zeitraum zwischen Beginn des Hörverlustes bis zur CI-Operation | 52 |
| Abb. 19: Vergleich der Mittelwerte und Standardabweichungen der grundlegenden Schallwahrnehmung (NCIQ 1.1), fortgeschrittenen Schallwahrnehmung (NCIQ 1.2) und Sprachproduktion (NCIQ 1.3) der physischen Funktion des NCIQ am ersten, dritten und vierten Messtag | 53 |
| Abb. 20: Vergleich der Mittelwerte und Standardabweichungen des Selbstwertgefühls (NCIQ 2) der psychischen Funktion des NCIQ am ersten, dritten und vierten Messtag | 54 |
| Abb. 21: Vergleich der Mittelwerte und Standardabweichungen der Aktivität (NCIQ 3.1) und sozialen Interaktion (NCIQ 3.2) der sozialen Funktion des NCIQ am ersten, dritten und vierten Messtag | 55 |
| Abb. 22: Vergleich der Mittelwerte und Standardabweichungen der Ruhe-Fragen des Studien-Fragebogens am zweiten, dritten und vierten Messtag | 56 |
| Abb. 23: Vergleich der Mittelwerte und Standardabweichungen der Geräusch-Fragen des Studien-Fragebogens am zweiten, dritten und vierten Messtag | 57 |
| Abb. 24: Bewertung der Schwierigkeit der Übungen der terzo-Gehörtherapie: Mittelwert und Standardabweichung über alle Bewertungen jedes Patienten..... | 58 |

Abbildungen im Anhang

| | |
|---|-----|
| A.-Abb. 1: Freiburger Einsilber in Ruhe: Mittelwert der Sprachverständlichkeit jedes Patienten für jeden Messtag | 98 |
| A.-Abb. 2: Freiburger Einsilber im Störgeräusch: Mittelwert der Sprachverständlichkeit jedes Patienten für jeden Messtag..... | 103 |
| A.-Abb. 3: OLSA in Ruhe: Mittelwert der Sprachverständlichkeit jedes Patienten für jeden Messtag..... | 108 |
| A.-Abb. 4: OLSA im Störgeräusch: Mittelwert der Sprachverständlichkeitsschwelle jedes Patienten für jeden Messtag | 113 |

8. Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tab. 1: Geschlecht, Alter, Taubheitsursache, Versorgung und CI-Erfahrung der Studienteilnehmer. | 29 |
| Tab. 2: Zeitraum zwischen dem Beginn des Hörverlustes bis zur CI-OP, Implantat- und Prozessorversorgung, Kodierungsstrategie und Anzahl der aktivierten Elektroden bei den Studienteilnehmern. | 30 |
| Tab. 3: Satz-Schema des OLSA..... | 35 |
| Tab. 4: Vergleich der Studien: Anzahl der Patienten, geforderte CI-Erfahrung, Trainingszeitraum und Trainingszeit..... | 61 |
| Tab. 5: Anfangsperformance (im OLSA) und CI-Erfahrung der Studienteilnehmer | 64 |
| Tab. 6: Alter und Anfangsperformance (im OLSA) der Studienteilnehmer..... | 65 |
| Tab. 7: Anhaltender Trainingseffekt: Vergleich der Mittelwerte der Sprachverständlichkeitstests und der Fragebögen am dritten (Trainingsende) und vierten Messtag (sechs Wochen nach Trainingsende)..... | 68 |

Tabellen im Anhang

| | |
|---|-----|
| A.-Tab. 1: Freiburger Einsilber in Ruhe: Mittelwert der Sprachverständlichkeit über alle Patienten für jeden Messtag, Standardabweichung, Minimal- und Maximalwerte | 98 |
| A.-Tab. 2: Freiburger Einsilber in Ruhe: Sphärizitätstest..... | 99 |
| A.-Tab. 3: Freiburger Einsilber in Ruhe: Signifikanztest | 99 |
| A.-Tab. 4: Freiburger Einsilber in Ruhe: Bonferroni-Korrektur..... | 100 |
| A.-Tab. 5: Freiburger Einsilber in Ruhe: gepaarte t-Tests..... | 102 |
| A.-Tab. 6: Freiburger Einsilber im Störgeräusch: Mittelwert der Sprachverständlichkeit über alle Patienten für jeden Messtag, Standardabweichung, Minimal- und Maximalwerte | 103 |
| A.-Tab. 7: Freiburger Einsilber im Störgeräusch: Sphärizitätstest | 104 |
| A.-Tab. 8: Freiburger Einsilber im Störgeräusch: Signifikanztest..... | 104 |

| | |
|--|-----|
| A.-Tab. 9: Freiburger Einsilber im Störgeräusch: Bonferroni-Korrektur | 105 |
| A.-Tab. 10: Freiburger Einsilber im Störgeräusch: gepaarte t-Tests | 107 |
| A.-Tab. 11: OLSA in Ruhe: Mittelwert der Sprachverständlichkeit über alle Patienten für jeden Messtag, Standardabweichung, Minimal-und Maximalwerte..... | 108 |
| A.-Tab. 12: OLSA in Ruhe: Sphärizitätstest | 109 |
| A.-Tab. 13: OLSA in Ruhe: Signifikanztest | 109 |
| A.-Tab. 14: OLSA in Ruhe: Bonferroni-Korrektur..... | 110 |
| A.-Tab. 15: OLSA in Ruhe: gepaarte t-Tests | 112 |
| A.-Tab. 16: OLSA im Störgeräusch: Mittelwert der Sprachverständlichkeitsschwelle über alle Patienten für jeden Messtag, Standardabweichung, Minimal- und Maximalwerte | 113 |
| A.-Tab. 17: OLSA im Störgeräusch: Sphärizitätstest | 114 |
| A.-Tab. 18: OLSA im Störgeräusch: Signifikanztest..... | 114 |
| A.-Tab. 19: OLSA im Störgeräusch: Bonferroni-Korrektur | 115 |
| A.-Tab. 20: OLSA im Störgeräusch: gepaarte t-Tests | 117 |
| A.-Tab. 21: OLSA im Störgeräusch bei bimodal versorgten Patienten mit vertäubtem Gegenohr : Mittelwert der Sprachverständlichkeitsschwelle über alle Patienten für jeden Messtag, Standardabweichung, Minimal- und Maximalwerte | 118 |
| A.-Tab. 22: OLSA im Störgeräusch bei bimodal versorgten Patienten mit vertäubtem Gegenohr: Sphärizitätstest | 118 |
| A.-Tab. 23: OLSA im Störgeräusch bei bimodal versorgten Patienten mit vertäubtem Gegenohr: Signifikanztest..... | 119 |
| A.-Tab. 24: OLSA im Störgeräusch bei bimodal versorgten Patienten mit vertäubtem Gegenohr: Bonferroni-Korrektur | 120 |
| A.-Tab. 25: OLSA im Störgeräusch bei bimodal versorgten Patienten mit vertäubtem Gegenohr: gepaarte t-Tests | 122 |

| | |
|--|-----|
| A.-Tab. 26: OLSA im Störgeräusch bei bimodal versorgten Patienten mit HG: Mittelwert der Sprachverständlichkeitsschwelle über alle Patienten für jeden Messtag, Standardabweichung, Minimal- und Maximalwerte..... | 123 |
| A.-Tab. 27: OLSA im Störgeräusch bei bimodal versorgten Patienten mit HG: Sphärizitätstest | 123 |
| A.-Tab. 28: OLSA im Störgeräusch bei bimodal versorgten Patienten mit HG: Signifikanztest..... | 124 |
| A.-Tab. 29: OLSA im Störgeräusch bei bimodal versorgten Patienten mit HG: Bonferroni- Korrektur | 125 |
| A.-Tab. 30: OLSA im Störgeräusch bei bimodal versorgten Patienten mit HG: gepaarte t-Tests | 127 |
| A.-Tab. 31: NCIQ: Mittelwert über alle Unterbereiche für jeden Messtag, Standardabweichung, Minimal- und Maximalwerte..... | 128 |
| A.-Tab. 32: NCIQ: Sphärizitätstest | 128 |
| A.-Tab. 33: NCIQ: Signifikanztest | 129 |
| A.-Tab. 34: NCIQ: Bonferroni-Korrektur | 129 |
| A.-Tab. 35: NCIQ: gepaarte t-Tests | 130 |
| A.-Tab. 36: Studien-Fragebogen: Mittelwert über alle Fragen für jeden Messtag, Standardabweichung, Minimal- und Maximalwerte..... | 131 |
| A.-Tab. 37: Studien-Fragebogen: Sphärizitätstest | 131 |
| A.-Tab. 38: Studien-Fragebogen: Signifikanztest..... | 132 |
| A.-Tab. 39: Studien-Fragebogen: Bonferroni-Korrektur | 132 |
| A.-Tab. 40: Studien-Fragebogen: gepaarte t-Test..... | 133 |

9. Anhang

9.1. Die Geschichte des Cochlea Implantats

Die Geschichte des Cochlea Implantats geht auf den Otologen Eyries und den Physiker Djourno zurück. Im Jahre 1957 wiesen sie nach, dass durch die elektrische Stimulation des Hörnervens Hörwahrnehmungen hervorgerufen werden können.

Einige Jahre später gelang es dem Otologe Zöllner und dem Sinnesphysiologe Keidel eine Elektrode in die Gehörschnecke einzuführen und den Hörnerv zu stimulieren. Zöllner und Keidel leisteten durch ihre Ideen die eigentliche Pionierarbeit des CIs, allerdings gelang ihnen die Umsetzung noch nicht. Zu ihren Vorschlägen gehörten u. a. die transkutane Übertragung, die Abdeckung eines Frequenzbereiches von 300 bis 3000 Hz sowie das Vorhandensein von mehreren Platinelektroden und die Positionierung dieser in der Cochlea.

Zu den Vätern der klinischen Anwendung des Cochlea Implantats gehören die Amerikaner House und Urban. Sie setzten transkutane Langzeitimplantate mit einer Einzelelektrode ein. In den 80er Jahren gelang Clark an der Universität Melbourne die Implantation eines intracochleären mehrkanaligen CIs mit transkutaner Übertragung und tragbarem Sprachprozessor. Dank mehrerer Elektroden war es nun möglich den Hörnerv an verschiedenen Orten zu stimulieren und so Hörinformationen verschiedener Frequenzen zu übermitteln.

In Deutschland trieb Lehnhardt eine flächendeckende klinische Versorgung voran. 1990 gründete er in Hannover das weltweit erste Cochlea Implantat Zentrum. [100]

In der Bundesrepublik wurden bislang 25 000 bis 30 000 Menschen mit einem CI versorgt [101]. Bundesweit werden heutzutage pro Jahr ungefähr 3000 CI-Operationen vollzogen.

9.2. Patienteninformation

Probandeninformation und Einwilligungserklärung für die Studie

Effekte eines strukturierten intensiven Hörtrainings auf die kommunikative Kompetenz von Cochlea Implantat-Trägern

Sehr geehrter Proband,

Sehr geehrte Probandin,

mit dieser Probandeninformation und Einwilligungserklärung möchten wir Sie fragen, ob Sie bereit sind, an der im Folgenden vorgestellten Studie teilzunehmen.

Die Studie wird durchgeführt, um herauszufinden, ob Cochlea Implantat-Träger mit langjähriger Erfahrung einen Nutzen von Hörtraining haben oder wie stark dieser ausfällt. Der folgende Text soll Ihnen die Ziele der Studie, die Bedingungen und den genauen Ablauf der Studie näher erläutern. Offene Fragen können im Aufklärungsgespräch vor Beginn der Studie mit dem Prüfarzt, Studienleiter oder mit sonstigen, berechtigten Versuchsleitern dieser Studie geklärt werden. Bevor Sie die Einwilligungserklärung am Ende dieses Dokuments unterschreiben, möchten wir Sie dazu ermuntern im Aufklärungsgespräch alle offenen Fragen zu der Studie zu stellen. Sollten offene Fragen zur Studie nach Beginn der Studie auftreten, so können diese jederzeit geklärt werden. Vor Beginn der Studie erhalten Sie genügend Bedenkzeit für oder wider die Entscheidung, ob Sie an der Studie teilnehmen möchten. Die Unterzeichnung dieses Dokuments ist die Voraussetzung für die Teilnahme an der Studie.

Die Teilnahme an der Studie ist freiwillig und kann jederzeit ohne Angaben von Gründen durch Sie beendet werden, ohne dass Ihnen hierdurch in Ihrer medizinischen Betreuung oder in sonstigen Belangen Nachteile entstehen.

Die Studie wird organisiert vom Klinikum der Ludwig-Maximilians-Universität München (Klinikum Großhadern, Marchioninistr. 15, 81377 München).

Warum wird diese Studie durchgeführt?

In der Studie soll geprüft werden, ob das Sprachverstehen von erfahrenen CI-Trägern mit Hilfe eines Hörtrainings verbessert werden kann.

Für das menschliche Gehör sind nicht nur die Hörorgane (Ohrmuschel, Mittelohr, Innenohr, Haarzellen und Hörnerv), die den Schall aufnehmen und weiterleiten wichtig, sondern auch das Gehirn, das die Sinneseindrücke verarbeitet. Normalerweise übersetzen die Haarsinneszellen im Innenohr den Schall in Nervenimpulse. Diese werden von dem Hörnerv an das Gehirn weitergeleitet, wo sie verarbeitet werden. Damit uns die vielen Geräusche der Umgebung nicht überfordern, erreicht nur ein Drittel aller Hörsignale unser Bewusstsein. Verantwortlich dafür ist ein Mechanismus im Gehirn, durch den unser Gehör wichtige von unwichtigen Klängen (z.B. das Ticken der Uhr, der eigene Atem, das Rascheln der Kleidung) unterscheidet. Nebengeräusche werden aktiv durch diese Prozesse unterdrückt, damit Sie sich aufs Wesentliche konzentrieren können. Hörgerät-Träger und CI-Träger haben diese Fähigkeiten durch das langjährige eingeschränkte Hören verlernt. Deshalb reicht es bei Hörgerät-Trägern oft nicht aus einfach die Lautstärke des Schalls zu verstärken, um ein verbessertes Sprachverstehen zu erhalten. Nicht nur die Sprache sondern auch die Nebengeräusche sind lauter und es kann nicht zwischen wichtigen und unwichtigen Hörsignalen unterschieden werden.

Damit Sie wieder lernen sich auf die akustische Sprache zu konzentrieren und die wichtigen Informationen von Sprache gezielt herauszuhören, erhalten Sie Trainingsmaterial mit dem Sie jeden Tag für eine halbe Stunde oder mehr über 4 Wochen das Verstehen von Sprache gezielt trainieren können.

Mit folgender Studie soll untersucht werden, ob CI-Träger mit langjähriger Erfahrung einen Nutzen vom Hörtraining haben oder wie stark dieser ausfällt. Darüber hinaus soll getestet werden, ob der Trainingseffekt über das Trainingsintervall hinaus für mindestens sechs Wochen anhält. Es soll die Frage geklärt werden, ob CI-Träger mit gutem und schlechtem Sprachverstehen unterschiedlich vom Hörtraining profitieren.

Wie ist der Ablauf während der Studie und welche Messungen werden durchgeführt?

Bevor sie an der Studie teilnehmen können, werden Sie in einem ausführlichen Aufklärungsgespräch über alle Belange der Studie aufgeklärt. Bei der Aufnahme ihrer demografischen und medizinischen Daten wird anhand der Ein- und Ausschlusskriterien geklärt, ob Sie an der Studie teilnehmen können.

Die medizinischen Messdaten (Tonaudiogramm (mit und ohne Hörhilfe), Sprachtests (Freiburger Einsilbertest, Oldenburger Satztest) und Fragebögen) der Studie werden am Hals-Nasen-Ohren-Klinikum der Ludwig-Maximilians-Universität München in der Pettenkoferstraße am Standort Innenstadt erhoben.

Ein Besuch im terzo-Zentrum wird Ihnen empfohlen, damit Sie dort von speziell geschultem Personal über die Hintergründe und Möglichkeiten des verwendeten Trainingsmaterials informiert werden. Üblicherweise bekommen Sie dort dabei auch das Trainingsmaterial ausgehändigt.

Trainingsmaterial:

Das Trainingsmaterial wird Ihnen zu Beginn der Studie zur Verfügung gestellt.

Das Trainingsmaterial besteht aus unterschiedlichen Aufgaben, deren Schwierigkeit im Verlauf des Trainings zunimmt. Es gibt verschiedene Schwierigkeitsgrade des Hörtrainings, die sich in den Stärken des Hintergrundgeräusches unterscheiden. Zu Beginn der Studie wird mit Hilfe des Freiburger Einsilber getestet, welche Schwierigkeitsstufe des Trainingsmaterial (forte, intenso, piano) für Sie optimal sein könnte. Während der Studie kann gegebenenfalls unter Absprache mit Ihnen der Schwierigkeitsgrad durch uns geändert werden, falls dieser zu einfach oder zu schwer sein sollte.

Das Training ist für einen Zeitraum von zwei Wochen ausgelegt mit einer Trainingszeit von etwa 30 bis 60 Minuten/Tag. In den darauffolgenden zwei Wochen werden die Aufgaben wiederholt und Sie werden dazu angehalten den Fokus auf das Trainingsmaterial zu legen, das im ersten Durchlauf schwer gefallen ist.

In der ersten Sitzung wird Ihr grundlegendes Sprachverstehen mit Hilfe des Oldenburger Satztests (OLSA) und des Freiburger Tests ermittelt. Damit sie genügend Zeit haben sich an die Testbedingungen zu gewöhnen, werden Ihnen Trainingslisten des Satztests präsentiert. Ihre Zufriedenheit und Höranstrengung in alltäglichen Situationen wird mit

einem standardisierten Fragebogen und einem für die Studie entwickelten Fragebogen erfasst. Die Fragebögen werden unter Ihrem Pseudonym geführt.

Die zweite und dritte Sitzung finden in etwa zwei bzw. vier Wochen nach der ersten Sitzung statt. Die vierte Sitzung findet sechs Wochen nach Trainingsende statt. Mit den Messungen wird geprüft, ob sich das Sprachverstehen durch das Training verbessert und ob der Trainingseffekt über den Zeitraum des Trainings hinaus anhält.

Test-Material

Tonaudiogram und Aufblähkurve:

Mit dem Audiogram werden, wie in der klinischen Routine, die Hörschwellen ohne Hilfsmittel bestimmt. Im Tonaudiogram werden für das normale Gehör die Hörschwellen per Reintonaudiogram bestimmt. Dabei werden Ihnen leise Sinustöne mit unterschiedlichen Tonhöhen nacheinander vorgespielt und sobald Sie diese wahrnehmen sollen Sie dies durch drücken eines Knopfes bestätigen.

Bei der Aufblähkurve werden statt der Sinustöne Wobbeltöne präsentiert, um die Hörschwellen mit Ihren CIs und ggf. Hörgeräten zu bestimmen.

Mit der Aufblähkurve soll kontrolliert werden, ob ihre technischen Hilfsmittel Ihnen die Hörbarkeit der gesamten Sprache ermöglichen. Mit dem Tonaudiogramm soll getestet werden, ob Sie Teile der Sprache über Ihr Restgehör wahrnehmen können.

Messung der primären Zielgrößen

Oldenburger Satztest (OLSA):

Das Sprachverstehen wird an einem Audiometer mit dem OLSA getestet. Ihnen werden dabei in Ruhe und im Rauschen jeweils drei Listen mit 20 sinnfreien Sätzen über Lautsprecher präsentiert. Die Sätze setzen sich aus fünf Wörtern zusammen. Die präsentierten Wörter sollen von Ihnen wiederholt werden. Wenn Sie Wörter des Satzes nicht oder nur teilweise verstanden haben, dürfen Sie natürlich versuchen diese Wörter zu erraten.

In Ruhe wird getestet wie viel Prozent der dargebotenen Wörter von Ihnen verstanden werden. Im Hintergrundgeräusch wird getestet wie laut das Rauschen eingestellt werden

kann damit Sie 50% der dargebotenen Wörter der Sätze verstehen. Dieses Signal-Rauschverhältnis (speech reception threshold, SRT) wird in Abhängigkeit von Ihren Antworten bestimmt, wobei die Lautstärke des Hintergrundrauschens des nächsten Satzes vom Sprachverstehen des voran gegangenen Satzes abhängt.

In Ruhe kann es sein, dass sie viele aber nicht alle Wörter verstehen werden. Wenn Hintergrundgeräusche verwendet werden, wird das Rauschen entsprechend Ihrem Sprachverstehen der vorhergehenden Sätze so laut eingestellt, dass Sie am Ende einer Liste in etwa nur die Hälfte der Wörter verstehen können. Damit gehört eine gewisse Unsicherheit beim Erkennen der Wörter mit zum Sprachtest, die sie nicht zu verunsichern braucht.

Freiburger Einsilbertest

Beim Freiburger Test werden die Einsilbigen Wörter über Lautsprecher präsentiert. Das Sprachverstehen der Einsilber gemessen in Prozent wird in Ruhe und im Hintergrundgeräusch mit Listen von jeweils 20 Wörtern getestet. Beim Sprachverstehen der Einsilber im Hintergrundgeräusch werden die Sprache und das Hintergrundgeräusch mit einer fixen Lautstärke (65 dB) dargeboten. Sie sollen die dargebotenen Wörter mündlich wiederholen so wie Sie diese verstanden haben. Wörter die Sie nicht oder nur teilweise verstanden haben, dürfen Sie natürlich erraten. Das Sprachverstehen ist so laut eingestellt, dass das Erkennen der Wörter eine Herausforderung für Sie ist, so dass Sie auch hier nicht verunsichert sein müssen, wenn Sie nur wenige Wörter verstehen.

Messtermine

Im Folgenden finden Sie eine Übersicht für die jeweiligen Messtermine und eine Übersicht über die benötigten Zeiten, die je nach Umständen kürzer und länger dauern können. In die angegebenen Zeiten sind für den Regelfall bereits Pausen miteinkalkuliert.

Testsitzung 1: (Am Klinikum und terzo-Zentrum)

| | |
|---|--------------|
| Erhebung der Probandendaten | 30 (Minuten) |
| Fragebogen | 30 (Minuten) |
| Tonaudiogramme | 20 (Minuten) |
| Freiburger Einsilber in Ruhe und Hintergrundrauschen: | 13 (Minuten) |
| Oldenburger Satztest in Ruhe und Hintergrundrauschen: | 40 (Minuten) |
| Fußweg | 10 (Minuten) |

| | |
|---|----------------------|
| Trainingseinweisung und Ausgabe des Trainingsmaterials am terzo-Zentrum: | 60 (Minuten) |
| Gesamt | 203 (Minuten) |

Testsitzung 2: (Am Klinikum)

| | |
|---|---------------------|
| Fragebogen: | 10 (Minuten) |
| Freiburger Einsilber in Ruhe und Hintergrundrauschen: | 13 (Minuten) |
| Oldenburger Satztest in Ruhe und Hintergrundrauschen: | 30 (Minuten) |
| Gesamt | 53 (Minuten) |

Testsitzung 3: (Am Klinikum)

| | |
|---|---------------------|
| Fragebogen: | 40 (Minuten) |
| Freiburger Einsilber in Ruhe und Hintergrundrauschen: | 13 (Minuten) |
| Oldenburger Satztest in Ruhe und Hintergrundrauschen: | 30 (Minuten) |
| Gesamt | 83 (Minuten) |

Testsitzung 4 (Am Klinikum)

| | |
|---|---------------------|
| Freiburger Einsilber in Ruhe und Hintergrundrauschen: | 13 (Minuten) |
| Oldenburger Satztest in Ruhe und Hintergrundrauschen: | 30 (Minuten) |
| Fragebogen: | 30 (Minuten) |
| Gesamt | 73 (Minuten) |

Was passiert wenn ich die Studie abbreche?

Sie können jederzeit auch ohne Angaben von Gründen, die Teilnahme an der Studie beenden. Ihnen werden dadurch keine Nachteile entstehen.

Welchen Persönlichen Nutzen habe ich von der Teilnahme an der Studie?

Es kann sein, dass das zusätzliche Training Ihnen ein besseres Sprachverstehen ermöglicht. Andererseits kann es auch sein, dass Sie persönlich keinen direkten Nutzen aus der Teilnahme an der Studie ziehen können. Die Studie soll Aufschluss darüber geben, welche Gruppen von CI-Träger am ehesten von einem Training profitieren, so dass für die klinische Routine entsprechende Empfehlungen für mögliche und effektive Rehabilitationsmaßnahmen gegeben werden können. Damit kann sich in Zukunft für das Kollektiv der CI-Patienten ein Nutzen aus einem optimierten Trainingsangebot für CI-Träger ergeben.

Welche Risiken sind mit der Teilnahme an der Studie verbunden?

Mit Ihnen werden lediglich Messungen durchgeführt, wie sie auch in der klinischen audiologischen Routine durchgeführt werden, so dass keine Risiken für Sie zu erwarten sind. Die durchgeführten Messungen können in Abhängigkeit von Ihren Ergebnissen länger dauern, als die Messungen in der klinischen Routine, was einen begrenzten Zeitaufwand für Sie bedeuten könnte.

Die An- und Abfahrt im Rahmen der Studie findet auf eigenes Risiko statt, da keine extra Wegversicherung für die Studie bereitgestellt wird.

Werden meine Daten vertraulich behandelt?

Ihre Daten, die im Rahmen dieser Studie erhoben werden, sind lediglich dem Studienverantwortlichen und dem Prüfarzt zugänglich und pseudonymisiert. Pseudonymisierte Daten können an den an der Studie beteiligten Kooperationspartner vom terzo-Zentrum weitergegeben werden. Als Pseudonyme werden S01, S02, S03 etc. verwendet. Ihre Daten werden unter folgendem Probandenkürzel geführt.

Entstehen für mich Kosten durch die Teilnahme an der klinischen Prüfung?

Im gewissen Rahmen werden Ihnen die Anfahrtskosten rückerstattet. Die Materialien für das Sprachtraining werden Ihnen zur Verfügung gestellt. Weitere Vergütungen sind nicht vorgesehen. Es entstehen keine weiteren Kosten im Rahmen dieser Studie.

Wer entscheidet, ob ich aus der klinischen Prüfung ausscheide?

Sie können von sich aus jederzeit und ohne Angaben von Gründen Ihre Teilnahmebereitschaft widerrufen und aus der Studie ausscheiden. Ihnen entstehen dadurch keinerlei Nachteile (z. B. in der Betreuung am Klinikum der Ludwig-Maximilians-Universität München).

Unter bestimmten Voraussetzungen können Sie durch den Prüfarzt oder den Studienverantwortlichen von der weiteren Teilnahme an der Studie ausgeschlossen werden, wenn

1. Ihre weitere Teilnahme ein zu großes Risiko für Sie darstellt.
2. Die gesamte Studie abgebrochen wird.
3. Ihre Teilnahme nicht mehr dem Studienprotokoll entspricht.

Datenschutz

Bei dieser Studie werden die Vorschriften über die ärztliche Schweigepflicht und den Datenschutz eingehalten. Es werden persönliche Daten und Befunde über Sie erhoben, gespeichert und verschlüsselt (pseudonymisiert), d.h. weder Ihr Name noch Ihre Initialen oder das exakte Geburtsdatum erscheinen im Verschlüsselungscode.

Im Falle des Widerrufs Ihrer Einwilligung werden die pseudonymisiert gespeicherten Daten vernichtet.

Im Falle von Veröffentlichungen der Studienergebnisse bleibt die Vertraulichkeit der persönlichen Daten gewährleistet.

Eine Entschlüsselung erfolgt lediglich in Fällen, in denen es Ihre eigene Sicherheit erfordert („medizinische Gründe“) oder falls es zu Änderungen in der wissenschaftlichen Fragestellung kommt („wissenschaftliche Gründe“).

Der Zugang zu den Originaldaten und zum Verschlüsselungscode ist auf folgende Personen beschränkt: Prof. Dr. med. Joachim Müller, Daniel Visser, Helen Wizemann

Die Unterlagen werden in der Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde am Klinikum der LMU München **10 Jahre** unter Verschluss aufbewahrt.

9.3. NCIQ

Nijmegen Questionnaire vor CI

Bitte beantworten Sie folgende Fragen durch Ankreuzen jeweils **einer** Antwortmöglichkeit. Verwenden Sie das Feld „keine Antwort“ bitte nur, wenn Sie die erfragte Situation nicht einschätzen können, weil diese z.B. von Ihnen noch nie erlebt wurde oder wenn keine der Antwortmöglichkeiten zutrifft.

Name: Vorname: Datum:

| | nie | selten | manchmal | oft | immer | keine Antwort |
|---|-----|--------|----------|-----|-------|---------------|
| 1. Können Sie Hintergrundgeräusche hören (Toilettenspülung, Staubsauger)? | | | | | | |
| 2. Ist Ihre Hörbeeinträchtigung ein schwerwiegendes Hindernis beim Kontakt mit Hörgesunden? | | | | | | |
| 3. Können Sie flüstern, wenn es nötig ist? | | | | | | |
| 4. Fühlen Sie sich trotz Ihrer Hörbeeinträchtigung in Gesellschaft wohl? | | | | | | |
| 5. Können Sie in ruhiger Umgebung mit einer Person (mit oder ohne Mundbild) ein Gespräch führen? | | | | | | |
| 6. Ist Ihre Hörbeeinträchtigung ein schwerwiegendes Problem während Ihrer Arbeit oder während Ihres Studiums? | | | | | | |
| 7. Können Sie die Schritte anderer Personen in Ihrem Haus hören (z.B. im Flur oder auf der Treppe)? | | | | | | |
| 8. Ist Ihre Hörbeeinträchtigung ein schwerwiegendes Hindernis beim Kontakt mit tauben Personen? | | | | | | |
| 9. Können Sie schreien, wenn es nötig ist? | | | | | | |
| 10. Stört es Sie, dass Sie schlecht hören? | | | | | | |
| 11. Können Sie in ruhiger Umgebung mit zwei oder mehr Personen (mit oder ohne Mundbild) ein Gespräch führen? | | | | | | |
| 12. Ist Ihre Hörbeeinträchtigung ein schwerwiegendes Problem im Straßenverkehr? | | | | | | |
| 13. Können Sie Ihr eignes Telefon oder Ihre Türklingel hören? | | | | | | |
| 14. Ist Ihre Hörbeeinträchtigung ein schwerwiegendes Problem, wenn Sie sich in einer Gruppe befinden (Hobbies, Sport, Urlaub)? | | | | | | |
| 15. Können Sie sich Fremden verständlich machen, ohne Gesten zu gebrauchen? | | | | | | |
| 16. Irritiert es Sie, wenn Sie einem Gespräch nicht folgen können? | | | | | | |
| 17. Wenn Sie in einem vollen Laden sind, können Sie den Verkäufer verstehen? | | | | | | |
| 18. Ist Ihre Hörbeeinträchtigung ein schwerwiegendes Problem in der Freizeit? | | | | | | |
| 19. Können Sie die Wohnungstür zuschlagen hören (nicht fühlen), wenn Sie zu Hause beschäftigt sind? | | | | | | |
| 20. Ist Ihre Hörbeeinträchtigung ein schwerwiegendes Problem beim Kontakt mit den Personen, mit denen Sie zusammenleben (Familie/ Partner)? | | | | | | |
| 21. Können Sie Ihre Stimme an verschiedene Situationen anpassen (laute Umgebung/ leise Umgebung)? | | | | | | |
| 22. Vermeiden Sie es, mit Fremden zu sprechen? | | | | | | |
| 23. Können Sie Musik genießen? | | | | | | |
| 24. Ist Ihre Hörbeeinträchtigung ein schwerwiegendes Problem bei Ihren häuslichen Verrichtungen? | | | | | | |
| 25. Können Sie sich nähernde Autos im Straßenverkehr hören? | | | | | | |
| 26. Werden Sie aufgrund Ihrer Hörbeeinträchtigung in Gesellschaft ausgegrenzt? | | | | | | |
| 27. Können Fremde anhand Ihrer Stimme hören, dass Sie taub oder schwerhörig sind? | | | | | | |
| 28. Bitten Sie andere Personen lauter oder deutlicher zu sprechen, wenn diese zu leise oder undeutlich sprechen? | | | | | | |
| 29. Können Sie beim Musikhören bestimmte Melodien erkennen? | | | | | | |
| 30. Ist Ihre Hörbeeinträchtigung ein schwerwiegendes Problem beim Einkaufen? | | | | | | |
| 31. Können Sie leise Geräusche hören (zu Boden fallender Schlüssel/ Signal der Mikrowelle)? | | | | | | |

| | nie | selten | manchmal | oft | immer | keine Antwort |
|---|------|----------------------|----------|----------|---------------|---------------|
| 32. Gehen Sie an Orte, an denen Ihre Hörbeeinträchtigung ein schwerwiegendes Hindernis darstellen könnte? | | | | | | |
| 33. Können Sie sich neuen Bekanntschaften ohne Gesten verständlich machen? | | | | | | |
| 34. Fühlen sie sich ängstlich, wenn Sie mit Fremden sprechen? | | | | | | |
| 35. Können Sie beim Musikhören bestimmte Rhythmen erkennen? | | | | | | |
| 36. Ist Ihre Hörbeeinträchtigung beim Fernsehen ein schwerwiegendes Problem? | | | | | | |
| 37. Können Sie jemanden von hinten näher kommen hören (nicht fühlen)? | | | | | | |
| 38. Ist Ihre Hörbeeinträchtigung ein schwerwiegendes Hindernis beim Kontakt mit den Personen aus Ihrer Nachbarschaft? | | | | | | |
| 39. Wie oft stört es Sie, dass andere aufgrund Ihrer Stimme/Sprache hören, dass Sie ein Hörproblem haben? | | | | | | |
| 40. Können Sie Fremde ohne Mundbild verstehen? | | | | | | |
| 41. Ist Ihre Hörbeeinträchtigung ein schwerwiegendes Problem auf Partys (z.B. Geburtstag)? | | | | | | |
| 42. Können sie Personen im Radio sprechen hören (nicht zwingend auch verstehen)? | | | | | | |
| 43. Ist Ihre Hörbeeinträchtigung ein schwerwiegendes Problem, wenn Sie mit Freunden zusammen sind? | | | | | | |
| 44. Können Sie trotz Ihrer Hörbeeinträchtigung leicht Kontakte mit anderen Personen knüpfen? | | | | | | |
| 45. Können Sie den Unterschied zwischen einer Männerstimme, einer Frauenstimme und einer Kinderstimme hören? | | | | | | |
| 46. Ist Ihre Hörbeeinträchtigung ein schwerwiegendes Problem, wenn Sie mit formellen Dingen zu tun haben (Versicherung, Rechtsanwalt, Verwaltung?) | | | | | | |
| 47. Können Sie hören, wenn jemand Sie ruft? | | | | | | |
| 48. Ist Ihre Hörbeeinträchtigung ein schwerwiegendes Problem bei Kontakten mit ihren Familienmitgliedern? | | | | | | |
| 49. Gibt es Situationen, in denen Sie sich wohler fühlen würden, wenn Sie nicht hörbeeinträchtigt wären? | | | | | | |
| 50. Finden Sie es ermüdend, zuzuhören (mit oder ohne Mundbild)? | | | | | | |
| 51. Stellt Ihre Hörbeeinträchtigung ein schwerwiegendes Problem dar, wenn Sie verreisen? | | | | | | |
| 52. Können Sie Stimmen aus anderen Zimmern hören (z.B. Kinder spielen, Baby schreien)? | | | | | | |
| 53. Wenn Sie in einer Gruppe sind, fühlen sie, dass Ihre Hörbeeinträchtigung andere Personen davon abhält, Sie ernst zu nehmen? | | | | | | |
| 54. Schränkt Ihre Hörbeeinträchtigung Ihr Selbstbewusstsein ein? | | | | | | |
| 55. Hält Sie Ihre Hörbeeinträchtigung davon ab, für sich einzustehen bzw. sich gegenüber anderen zu verteidigen (bei der Arbeit, in der Beziehung)? | | | | | | |
| | nein | schwer einigermmaßen | gut | sehr gut | keine Antwort | |
| 56. Können Sie Ihre Stimme ärgerlich, freundlich oder traurig klingen lassen? | | | | | | |
| 57. Können Sie die Höhe Ihrer Stimme kontrollieren (hoch, tief)? | | | | | | |
| 58. Können Sie die Lautstärke Ihrer Stimme kontrollieren? | | | | | | |
| 59. Können Sie Ihre Stimme „natürlich“ klingen lassen (so, dass Sie nicht wie die Stimme einer tauben Person klingt)? | | | | | | |
| 60. Können sie ein einfaches Telefongespräch führen? | | | | | | |

9.4. Studien-Fragebogen

Bitte beantworten Sie folgende Fragen durch Ankreuzen jeweils einer Antwortmöglichkeit. Verwenden Sie das Feld „keine Antwort“ bitte nur, wenn Sie die erfragte Situation nicht einschätzen können, weil diese z.B. von Ihnen noch nie erlebt wurde oder wenn keine der Antwortmöglichkeiten zutrifft.

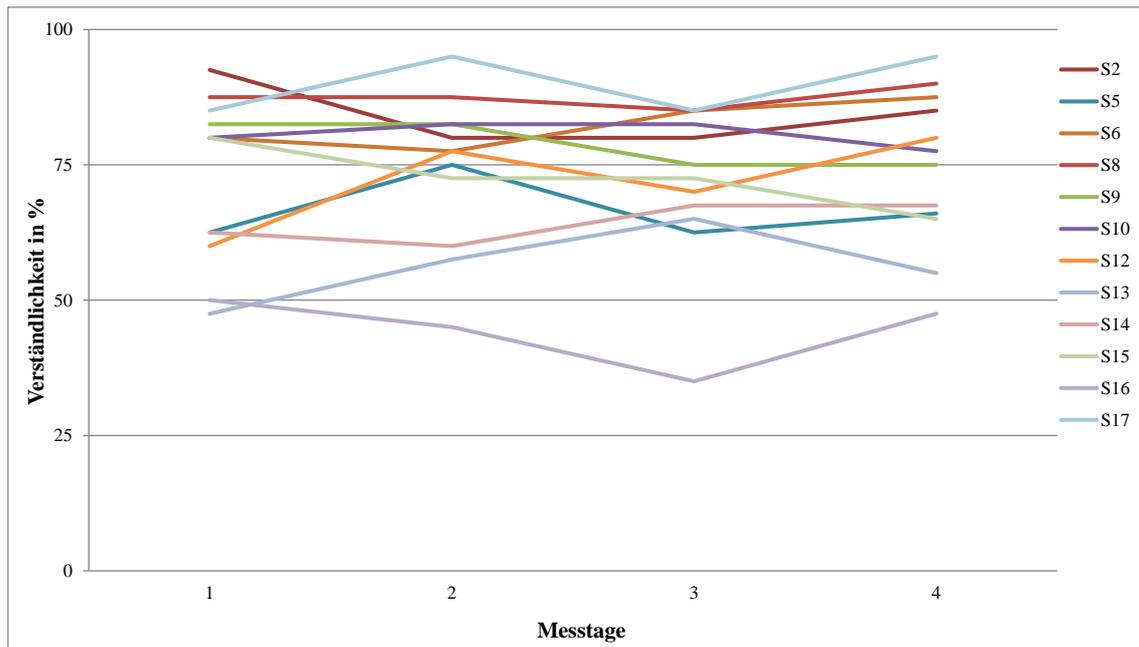
Probandenkürzel _____ Datum _____

An welchem Standort wurde der Test durchgeführt?: _____

| | nie | selten | manchmal | oft | immer | keine Antwort |
|---|-----|--------|----------|-----|-------|---------------|
| 1) Ist Ihnen das Training leicht gefallen? | | | | | | |
| 2) Hat Ihnen das Training Spaß gemacht? | | | | | | |
| 3) Wurde das Training in einer ruhigen Umgebung durchgeführt? | | | | | | |
| 4) Wurden Sie beim Training durch Ihre Umgebung abgelenkt? | | | | | | |
| 5) Können Sie nach dem Training in ruhiger Umgebung Sprache besser verstehen als vor dem Training | | | | | | |
| 6) Ist nach dem Training das Sprachverstehen in ruhiger Umgebung weniger anstrengend als vor dem Training? | | | | | | |
| 7) Fällt Ihnen nach dem Training das Unterscheiden von Geräuschen in ruhiger Umgebung leichter als vor dem Training? | | | | | | |
| 8) Können Sie nach dem Training in lauter Umgebung Sprache besser verstehen als vor dem Training | | | | | | |
| 9) Ist nach dem Training das Sprachverstehen in lauter Umgebung weniger anstrengend als vor dem Training? | | | | | | |
| 10) Fällt Ihnen nach dem Training das Unterscheiden von Geräuschen in lauter Umgebung leichter als vor dem Training? | | | | | | |
| 11) Ist das Hören im Störlärm weniger ermüdend geworden? | | | | | | |

| | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|
| Bitte beantworten Sie folgende Fragen durch Ankreuzen jeweils einer Antwortmöglichkeit. Ergänzen sie ggf. zusätzliche Informationen. | | | | | | |
| 12) | Wie lange trainierten Sie während der Studie im Durchschnitt pro Tag? (Min. pro Tag) | | | | | |
| | <input type="checkbox"/> 0-15; <input type="checkbox"/> 15-30; <input type="checkbox"/> 30-60; <input type="checkbox"/> >60 | | | | | |
| 13) | Haben Sie zusätzliches Trainingsmaterial während der Studie verwendet? | | | | | |
| | <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein | | | | | |
| | Wenn ja: Welche? | | | | | |
| | Welche zusätzlichen Trainingsmaterialien haben Sie verwendet? | | | | | |
| | <input type="checkbox"/> Andere Hörbücher | | | | | |
| | <input type="checkbox"/> Radio | | | | | |
| | <input type="checkbox"/> Trainingssoftware | | | | | |
| | <input type="checkbox"/> Sprachtherapie\ | | | | | |
| | <input type="checkbox"/> Logopädiehörtraining | | | | | |
| | <input type="checkbox"/> Musik | | | | | |
| | <input type="checkbox"/> sonstiges | | | | | |
| 14) | Sonstiges?: | | | | | |

9.5. Daten und Auswertungen: Freiburger Einsilbertest in Ruhe



A.-Abb. 1: Freiburger Einsilber in Ruhe: Mittelwert der Sprachverständlichkeit jedes Patienten für jeden Messtag

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. | Min | Max |
|----------|-----|----------|-----------|------|------|
| Messtag1 | 12 | 72.5 | 15.18821 | 47.5 | 92.5 |
| Messtag2 | 12 | 74.375 | 13.9449 | 45 | 95 |
| Messtag3 | 12 | 72.08333 | 14.2156 | 35 | 85 |
| Messtag4 | 12 | 74.25 | 14.45762 | 47.5 | 95 |

A.-Tab. 1: Freiburger Einsilber in Ruhe: Mittelwert der Sprachverständlichkeit über alle Patienten für jeden Messtag, Standardabweichung, Minimal- und Maximalwerte

Bartlett test of sphericity

Chi-square = 40.117
 Degrees of freedom = 6
 p-value = 0.000
 H0: variables are not intercorrelated

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy

KMO = 0.866

A.-Tab. 2: Freiburger Einsilber in Ruhe: Sphärizitätstest

Number of obs = 48 R-squared = 0.8821
 Root MSE = 5.74798 Adj R-squared = 0.8321

| Source | Partial SS | df | MS | F | Prob>F |
|----------|------------|----|-----------|-------|--------|
| Model | 8158.5729 | 14 | 582.75521 | 17.64 | 0.0000 |
| Patient | 8108.4323 | 11 | 737.13021 | 22.31 | 0.0000 |
| Messtag | 50.140625 | 3 | 16.713542 | 0.51 | 0.6809 |
| Residual | 1090.2969 | 33 | 33.039299 | | |
| Total | 9248.8698 | 47 | 196.78446 | | |

Between-subjects error term: Patient
 Levels: 12 (11 df)
 Lowest b.s.e. variable: Patient

Repeated variable: Messtag

Huynh-Feldt epsilon = 1.1220
 *Huynh-Feldt epsilon reset to 1.0000
 Greenhouse-Geisser epsilon = 0.8466
 Box's conservative epsilon = 0.3333

| Source | df | F | Prob > F | | | |
|----------|----|------|----------|--------|--------|--------|
| | | | Regular | H-F | G-G | Box |
| Messtag | 3 | 0.51 | 0.6809 | 0.6809 | 0.6516 | 0.4917 |
| Residual | 33 | | | | | |

A.-Tab. 3: Freiburger Einsilber in Ruhe: Signifikanztest

Pairwise comparisons of marginal linear predictions

Margins : asbalanced

| | Number of Comparisons |
|---------|-----------------------|
| Messtag | 6 |

| | Contrast | Std. Err. | Bonferroni | | Bonferroni [95% Conf. Interval] | |
|---------|-----------|-----------|------------|-------|------------------------------------|----------|
| | | | t | P> t | | |
| Messtag | | | | | | |
| 2 vs 1 | 1.875 | 2.346604 | 0.80 | 1.000 | -4.711356 | 8.461356 |
| 3 vs 1 | -.4166667 | 2.346604 | -0.18 | 1.000 | -7.003023 | 6.16969 |
| 4 vs 1 | 1.75 | 2.346604 | 0.75 | 1.000 | -4.836356 | 8.336356 |
| 3 vs 2 | -2.291667 | 2.346604 | -0.98 | 1.000 | -8.878023 | 4.29469 |
| 4 vs 2 | -.125 | 2.346604 | -0.05 | 1.000 | -6.711356 | 6.461356 |
| 4 vs 3 | 2.166667 | 2.346604 | 0.92 | 1.000 | -4.41969 | 8.753023 |

A.-Tab. 4: Freiburger Einsilber in Ruhe: Bonferroni-Korrektur

Paired t test

| Variable | Obs | Mean | Std. Err. | Std. Dev. | [95% Conf. Interval] | |
|----------|-----|----------|-----------|-----------|----------------------|----------|
| Messtag2 | 12 | 74.375 | 4.025546 | 13.9449 | 65.51483 | 83.23517 |
| Messtag3 | 12 | 72.08333 | 4.103691 | 14.2156 | 63.05117 | 81.1155 |
| diff | 12 | 2.291667 | 2.09749 | 7.265918 | -2.324877 | 6.908211 |

mean(diff) = mean(Messtag2 - Messtag3) t = 1.0926
 Ho: mean(diff) = 0 degrees of freedom = 11

Ha: mean(diff) < 0 Ha: mean(diff) != 0 Ha: mean(diff) > 0
 Pr(T < t) = 0.8510 Pr(|T| > |t|) = 0.2979 Pr(T > t) = 0.1490

Paired t test

| Variable | Obs | Mean | Std. Err. | Std. Dev. | [95% Conf. Interval] | |
|----------|-----|--------|-----------|-----------|----------------------|----------|
| Messtag2 | 12 | 74.375 | 4.025546 | 13.9449 | 65.51483 | 83.23517 |
| Messtag4 | 12 | 74.25 | 4.173555 | 14.45762 | 65.06407 | 83.43593 |
| diff | 12 | .125 | 1.793428 | 6.212615 | -3.822308 | 4.072308 |

mean(diff) = mean(Messtag2 - Messtag4) t = 0.0697
 Ho: mean(diff) = 0 degrees of freedom = 11

Ha: mean(diff) < 0 Ha: mean(diff) != 0 Ha: mean(diff) > 0
 Pr(T < t) = 0.5272 Pr(|T| > |t|) = 0.9457 Pr(T > t) = 0.4728

Paired t test

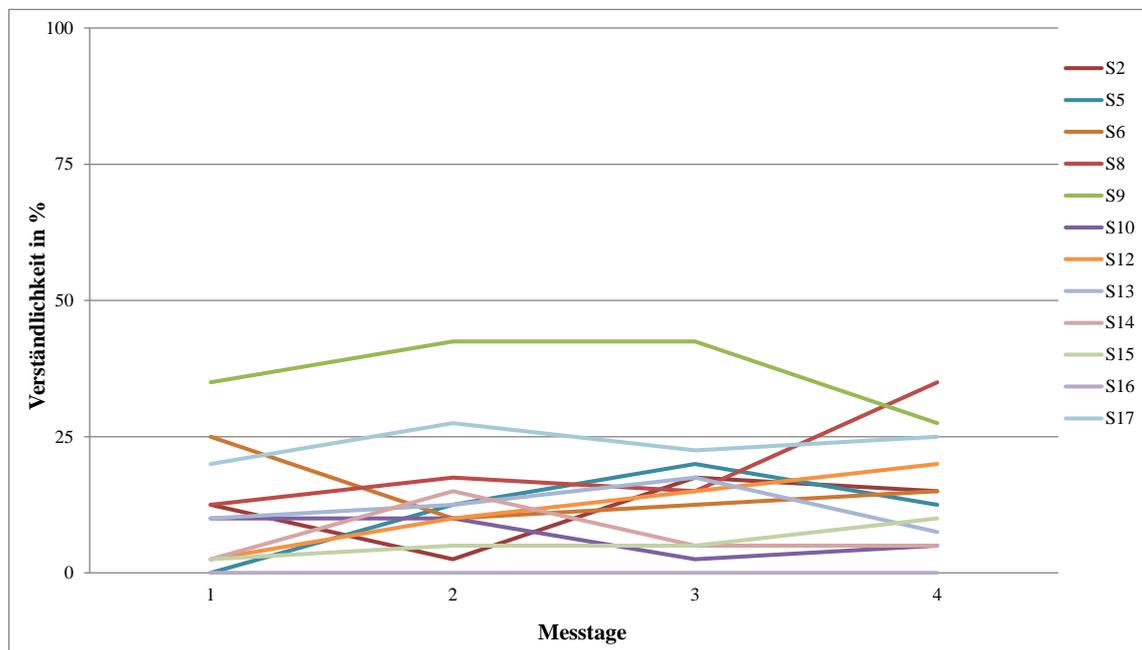
| Variable | Obs | Mean | Std. Err. | Std. Dev. | [95% Conf. Interval] | |
|----------|-----|-----------|-----------|-----------|----------------------|----------|
| Messtag3 | 12 | 72.08333 | 4.103691 | 14.2156 | 63.05117 | 81.1155 |
| Messtag4 | 12 | 74.25 | 4.173555 | 14.45762 | 65.06407 | 83.43593 |
| diff | 12 | -2.166667 | 2.040623 | 7.068925 | -6.658047 | 2.324714 |

mean(diff) = mean(Messtag3 - Messtag4) t = -1.0618
 Ho: mean(diff) = 0 degrees of freedom = 11

Ha: mean(diff) < 0 Ha: mean(diff) != 0 Ha: mean(diff) > 0
 Pr(T < t) = 0.1555 Pr(|T| > |t|) = 0.3111 Pr(T > t) = 0.8445

A.-Tab. 5: Freiburger Einsilber in Ruhe: gepaarte t-Tests

9.6. Daten und Auswertungen: Freiburger Einsilbertest im Störgeräusch



A.-Abb. 2: Freiburger Einsilber im Störgeräusch: Mittelwert der Sprachverständlichkeit jedes Patienten für jeden Messtag

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. | Min | Max |
|----------|-----|----------|-----------|-----|------|
| Messtag1 | 12 | 11.04167 | 10.9471 | 0 | 35 |
| Messtag2 | 12 | 13.75 | 11.5552 | 0 | 42.5 |
| Messtag3 | 12 | 14.58333 | 11.42333 | 0 | 42.5 |
| Messtag4 | 12 | 14.79167 | 10.41515 | 0 | 35 |

A.-Tab. 6: Freiburger Einsilber im Störgeräusch: Mittelwert der Sprachverständlichkeit über alle Patienten für jeden Messtag, Standardabweichung, Minimal- und Maximalwerte

Bartlett test of sphericity

Chi-square = 23.351
 Degrees of freedom = 6
 p-value = 0.001
 H0: variables are not intercorrelated

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy
 KMO = 0.829

A.-Tab. 7: Freiburger Einsilber im Störgeräusch: Sphärizitätstest

Number of obs = 48 R-squared = 0.7750
 Root MSE = 6.1366 Adj R-squared = 0.6795

| Source | Partial SS | df | MS | F | Prob>F |
|----------|------------|----|-----------|-------|--------|
| Model | 4280.2083 | 14 | 305.72917 | 8.12 | 0.0000 |
| Patient | 4172.9167 | 11 | 379.35606 | 10.07 | 0.0000 |
| Messtag | 107.29167 | 3 | 35.763889 | 0.95 | 0.4279 |
| Residual | 1242.7083 | 33 | 37.657828 | | |
| Total | 5522.9167 | 47 | 117.50887 | | |

Between-subjects error term: Patient
 Levels: 12 (11 df)
 Lowest b.s.e. variable: Patient

Repeated variable: Messtag

Huynh-Feldt epsilon = 1.2420
 *Huynh-Feldt epsilon reset to 1.0000
 Greenhouse-Geisser epsilon = 0.9111
 Box's conservative epsilon = 0.3333

| Source | df | F | Prob > F | | | |
|----------|----|------|----------|--------|--------|--------|
| | | | Regular | H-F | G-G | Box |
| Messtag | 3 | 0.95 | 0.4279 | 0.4279 | 0.4223 | 0.3507 |
| Residual | 33 | | | | | |

A.-Tab. 8: Freiburger Einsilber im Störgeräusch: Signifikanztest

Pairwise comparisons of marginal linear predictions

Margins : asbalanced

| | Number of Comparisons |
|---------|-----------------------|
| Messtag | 6 |

| | Contrast | Std. Err. | Bonferroni | | Bonferroni | |
|---------|----------|-----------|------------|-------|----------------------|----------|
| | | | t | P> t | [95% Conf. Interval] | |
| Messtag | | | | | | |
| 2 vs 1 | 2.708333 | 2.505255 | 1.08 | 1.000 | -4.32332 | 9.739986 |
| 3 vs 1 | 3.541667 | 2.505255 | 1.41 | 1.000 | -3.489986 | 10.57332 |
| 4 vs 1 | 3.75 | 2.505255 | 1.50 | 0.864 | -3.281653 | 10.78165 |
| 3 vs 2 | .8333333 | 2.505255 | 0.33 | 1.000 | -6.19832 | 7.864986 |
| 4 vs 2 | 1.041667 | 2.505255 | 0.42 | 1.000 | -5.989986 | 8.07332 |
| 4 vs 3 | .2083333 | 2.505255 | 0.08 | 1.000 | -6.82332 | 7.239986 |

A.-Tab. 9: Freiburger Einsilber im Störgeräusch: Bonferroni-Korrektur

Paired t test

| Variable | Obs | Mean | Std. Err. | Std. Dev. | [95% Conf. Interval] | |
|----------|-----|-----------|-----------|-----------|----------------------|----------|
| Messtag2 | 12 | 13.75 | 3.3357 | 11.5552 | 6.408174 | 21.09183 |
| Messtag3 | 12 | 14.58333 | 3.297631 | 11.42333 | 7.325297 | 21.84137 |
| diff | 12 | -.8333333 | 1.978419 | 6.853444 | -5.187804 | 3.521137 |

mean(diff) = mean(Messtag2 - Messtag3) t = -0.4212
 Ho: mean(diff) = 0 degrees of freedom = 11

Ha: mean(diff) < 0 Ha: mean(diff) != 0 Ha: mean(diff) > 0
 Pr(T < t) = 0.3409 Pr(|T| > |t|) = 0.6817 Pr(T > t) = 0.6591

Paired t test

| Variable | Obs | Mean | Std. Err. | Std. Dev. | [95% Conf. Interval] | |
|----------|-----|-----------|-----------|-----------|----------------------|----------|
| Messtag2 | 12 | 13.75 | 3.3357 | 11.5552 | 6.408174 | 21.09183 |
| Messtag4 | 12 | 14.79167 | 3.006595 | 10.41515 | 8.174195 | 21.40914 |
| diff | 12 | -1.041667 | 2.72576 | 9.442309 | -7.041024 | 4.95769 |

mean(diff) = mean(Messtag2 - Messtag4) t = -0.3822
 Ho: mean(diff) = 0 degrees of freedom = 11

Ha: mean(diff) < 0 Ha: mean(diff) != 0 Ha: mean(diff) > 0
 Pr(T < t) = 0.3548 Pr(|T| > |t|) = 0.7096 Pr(T > t) = 0.6452

Paired t test

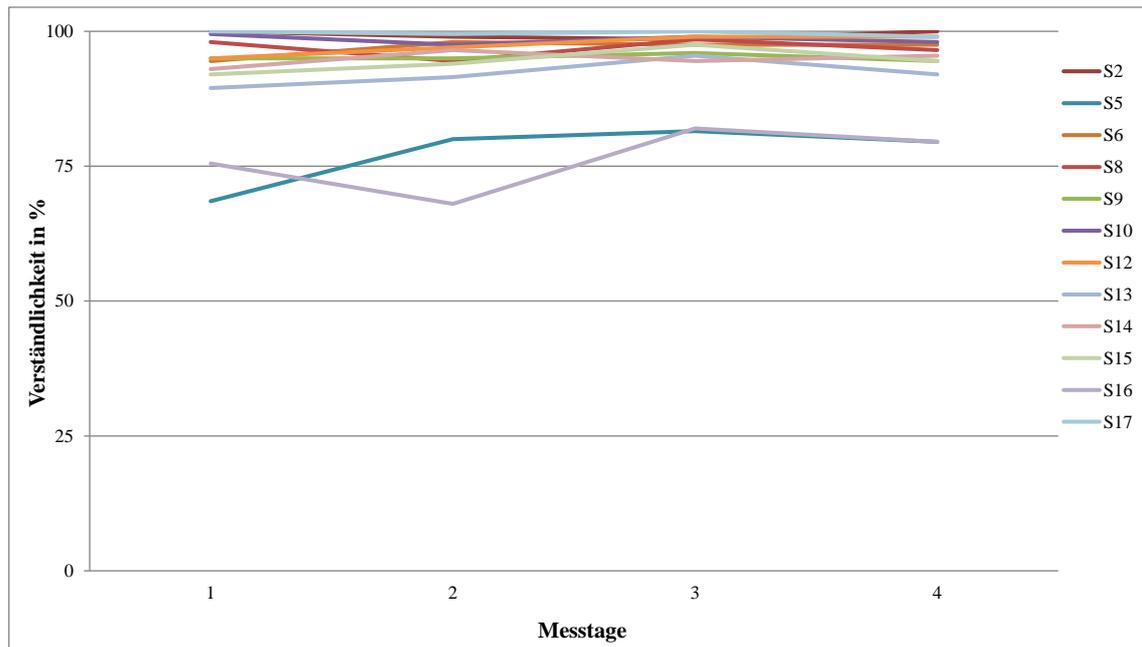
| Variable | Obs | Mean | Std. Err. | Std. Dev. | [95% Conf. Interval] | |
|----------|-----|-----------|-----------|-----------|----------------------|----------|
| Messtag3 | 12 | 14.58333 | 3.297631 | 11.42333 | 7.325297 | 21.84137 |
| Messtag4 | 12 | 14.79167 | 3.006595 | 10.41515 | 8.174195 | 21.40914 |
| diff | 12 | -.2083333 | 2.546134 | 8.820066 | -5.812336 | 5.395669 |

mean(diff) = mean(Messtag3 - Messtag4) t = -0.0818
 Ho: mean(diff) = 0 degrees of freedom = 11

Ha: mean(diff) < 0 Ha: mean(diff) != 0 Ha: mean(diff) > 0
 Pr(T < t) = 0.4681 Pr(|T| > |t|) = 0.9363 Pr(T > t) = 0.5319

A.-Tab. 10: Freiburger Einsilber im Störgeräusch: gepaarte t-Tests

9.7. Daten und Auswertungen: OLSA in Ruhe



A.-Abb. 3: OLSA in Ruhe: Mittelwert der Sprachverständlichkeit jedes Patienten für jeden Messtag

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. | Min | Max |
|----------|-----|----------|-----------|------|------|
| Messtag1 | 12 | 91.70833 | 9.886764 | 68.5 | 100 |
| Messtag2 | 12 | 92.54167 | 9.306543 | 68 | 99.5 |
| Messtag3 | 12 | 94.95833 | 6.372734 | 81.5 | 100 |
| Messtag4 | 12 | 93.79167 | 7.053234 | 79.5 | 100 |

A.-Tab. 11: OLSA in Ruhe: Mittelwert der Sprachverständlichkeit über alle Patienten für jeden Messtag, Standardabweichung, Minimal-und Maximalwerte

Bartlett test of sphericity

Chi-square = 77.823
 Degrees of freedom = 6
 p-value = 0.000
 H0: variables are not intercorrelated

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy

KMO = 0.782

A.-Tab. 12: OLSA in Ruhe: Sphärizitätstest

Number of obs = 48 R-squared = 0.9284
 Root MSE = 2.59175 Adj R-squared = 0.8980

| Source | Partial SS | df | MS | F | Prob>F |
|----------|------------|----|-----------|-------|--------|
| Model | 2873.3333 | 14 | 205.2381 | 30.55 | 0.0000 |
| Patient | 2800.25 | 11 | 254.56818 | 37.90 | 0.0000 |
| Messtag | 73.083333 | 3 | 24.361111 | 3.63 | 0.0229 |
| Residual | 221.66667 | 33 | 6.7171717 | | |
| Total | 3095 | 47 | 65.851064 | | |

Between-subjects error term: Patient
 Levels: 12 (11 df)
 Lowest b.s.e. variable: Patient

Repeated variable: Messtag

Huynh-Feldt epsilon = 0.8919
 Greenhouse-Geisser epsilon = 0.7139
 Box's conservative epsilon = 0.3333

| Source | df | F | Prob > F | | | |
|----------|----|------|----------|--------|--------|--------|
| | | | Regular | H-F | G-G | Box |
| Messtag | 3 | 3.63 | 0.0229 | 0.0282 | 0.0397 | 0.0833 |
| Residual | 33 | | | | | |

A.-Tab. 13: OLSA in Ruhe: Signifikanztest

Pairwise comparisons of marginal linear predictions

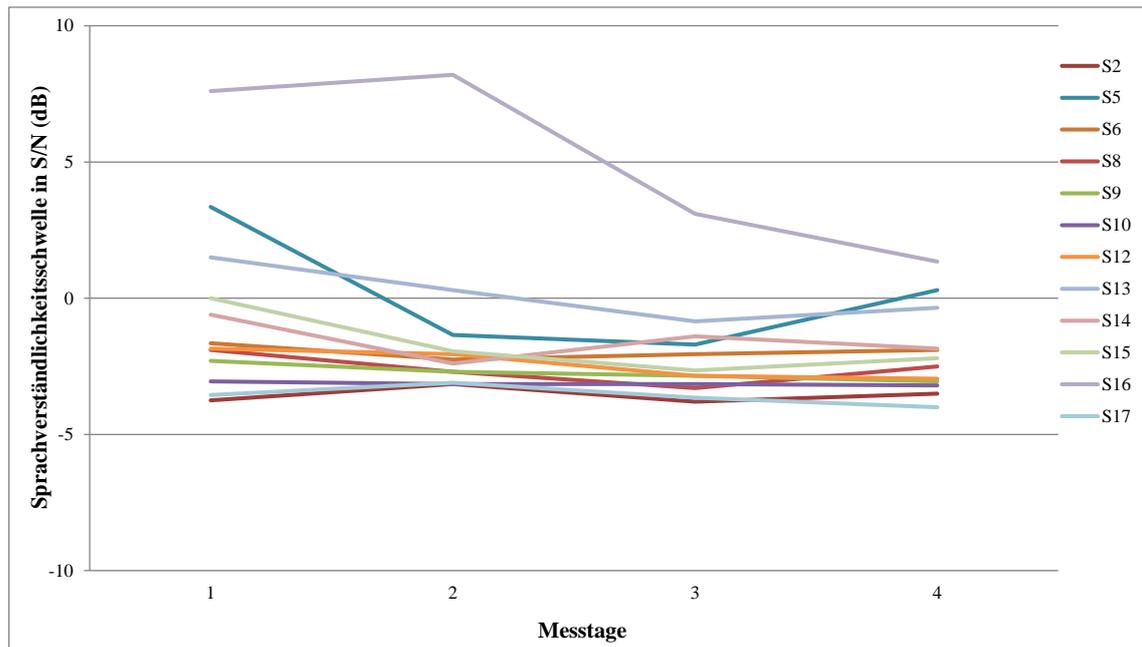
Margins : asbalanced

| | Number of Comparisons |
|---------|-----------------------|
| Messtag | 6 |

| | Contrast | Std. Err. | Bonferroni | | Bonferroni [95% Conf. Interval] | |
|---------|-----------|-----------|------------|-------|------------------------------------|----------|
| | | | t | P> t | | |
| Messtag | | | | | | |
| 2 vs 1 | .8333333 | 1.058078 | 0.79 | 1.000 | -2.136438 | 3.803105 |
| 3 vs 1 | 3.25 | 1.058078 | 3.07 | 0.025 | .2802285 | 6.219771 |
| 4 vs 1 | 2.083333 | 1.058078 | 1.97 | 0.344 | -.8864381 | 5.053105 |
| 3 vs 2 | 2.416667 | 1.058078 | 2.28 | 0.174 | -.5531048 | 5.386438 |
| 4 vs 2 | 1.25 | 1.058078 | 1.18 | 1.000 | -1.719771 | 4.219771 |
| 4 vs 3 | -1.166667 | 1.058078 | -1.10 | 1.000 | -4.136438 | 1.803105 |

A.-Tab. 14: OLSA in Ruhe: Boferroni-Korrektur

9.8. Daten und Auswertungen: OLSA im Störgeräusch



A.-Abb. 4: OLSA im Störgeräusch: Mittelwert der Sprachverständlichkeitsschwelle jedes Patienten für jeden Messtag

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. | Min | Max |
|----------|-----|-----------|-----------|-------|------|
| Messtag1 | 12 | -.5166667 | 3.294647 | -3.75 | 7.6 |
| Messtag2 | 12 | -1.358333 | 3.160468 | -3.15 | 8.2 |
| Messtag3 | 12 | -2.095833 | 1.871249 | -3.8 | 3.1 |
| Messtag4 | 12 | -1.9875 | 1.630689 | -4 | 1.35 |

A.-Tab. 16: OLSA im Störgeräusch: Mittelwert der Sprachverständlichkeitsschwelle über alle Patienten für jeden Messtag, Standardabweichung, Minimal- und Maximalwerte

Bartlett test of sphericity

Chi-square = 66.383
 Degrees of freedom = 6
 p-value = 0.000
 H0: variables are not intercorrelated

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy

KMO = 0.670

A.-Tab. 17: OLSA im Störgeräusch: Sphäritätstest

Number of obs = 48 R-squared = 0.8641
 Root MSE = 1.14083 Adj R-squared = 0.8064

| Source | Partial SS | df | MS | F | Prob>F |
|----------|------------|----|-----------|-------|--------|
| Model | 273.04583 | 14 | 19.503274 | 14.99 | 0.0000 |
| Patient | 254.09479 | 11 | 23.099527 | 17.75 | 0.0000 |
| Messtag | 18.951042 | 3 | 6.3170139 | 4.85 | 0.0066 |
| Residual | 42.948958 | 33 | 1.3014836 | | |
| Total | 315.99479 | 47 | 6.7232934 | | |

Between-subjects error term: Patient
 Levels: 12 (11 df)
 Lowest b.s.e. variable: Patient

Repeated variable: Messtag

Huynh-Feldt epsilon = 0.7616
 Greenhouse-Geisser epsilon = 0.6331
 Box's conservative epsilon = 0.3333

| Source | df | F | Prob > F | | | |
|----------|----|------|----------|--------|--------|--------|
| | | | Regular | H-F | G-G | Box |
| Messtag | 3 | 4.85 | 0.0066 | 0.0135 | 0.0199 | 0.0498 |
| Residual | 33 | | | | | |

A.-Tab. 18: OLSA im Störgeräusch: Signifikanztest

Pairwise comparisons of marginal linear predictions

Margins : asbalanced

| | Number of Comparisons |
|---------|-----------------------|
| Messtag | 6 |

| | Contrast | Std. Err. | Bonferroni | | Bonferroni | |
|---------|-----------|-----------|------------|-------|----------------------|-----------|
| | | | t | P> t | [95% Conf. Interval] | |
| Messtag | | | | | | |
| 2 vs 1 | -.8416667 | .4657402 | -1.81 | 0.479 | -2.148888 | .4655547 |
| 3 vs 1 | -1.579167 | .4657402 | -3.39 | 0.011 | -2.886388 | -.2719453 |
| 4 vs 1 | -1.470833 | .4657402 | -3.16 | 0.020 | -2.778055 | -.1636119 |
| 3 vs 2 | -.7375 | .4657402 | -1.58 | 0.737 | -2.044721 | .5697214 |
| 4 vs 2 | -.6291667 | .4657402 | -1.35 | 1.000 | -1.936388 | .6780547 |
| 4 vs 3 | .1083333 | .4657402 | 0.23 | 1.000 | -1.198888 | 1.415555 |

A.-Tab. 19: OLSA im Störgeräusch: Bonferroni-Korrektur

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. | Min | Max |
|----------|-----|-------|-----------|-------|------|
| Messtag1 | 5 | -.57 | 1.415804 | -1.9 | 1.5 |
| Messtag2 | 5 | -1.76 | 1.189222 | -2.7 | .3 |
| Messtag3 | 5 | -2.21 | 1.03646 | -3.3 | -.85 |
| Messtag4 | 5 | -1.97 | .9915896 | -2.95 | -.35 |

A.-Tab. 21: OLSA im Störgeräusch bei bimodal versorgten Patienten mit vertäubtem Gegenohr : Mittelwert der Sprachverständlichkeitsschwelle über alle Patienten für jeden Messtag, Standardabweichung, Minimal- und Maximalwerte

Bartlett test of sphericity

Chi-square = 8.976
 Degrees of freedom = 6
 p-value = 0.175
 H0: variables are not intercorrelated

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy
 KMO = 0.830

A.-Tab. 22: OLSA im Störgeräusch bei bimodal versorgten Patienten mit vertäubtem Gegenohr: Sphärizitätstest

Number of obs = 20 R-squared = 0.9028
 Root MSE = .491766 Adj R-squared = 0.8462

| Source | Partial SS | df | MS | F | Prob>F |
|----------|------------|----|-----------|-------|--------|
| Model | 26.965375 | 7 | 3.8521964 | 15.93 | 0.0000 |
| Patient | 19.003 | 4 | 4.75075 | 19.64 | 0.0000 |
| Messtag | 7.962375 | 3 | 2.654125 | 10.98 | 0.0009 |
| Residual | 2.902 | 12 | .24183333 | | |
| Total | 29.867375 | 19 | 1.5719671 | | |

Between-subjects error term: Patient
 Levels: 5 (4 df)
 Lowest b.s.e. variable: Patient

Repeated variable: Messtag

Huynh-Feldt epsilon = 1.9930
 *Huynh-Feldt epsilon reset to 1.0000
 Greenhouse-Geisser epsilon = 0.7868
 Box's conservative epsilon = 0.3333

| Source | df | F | Prob > F | | | |
|----------|----|-------|----------|--------|--------|--------|
| | | | Regular | H-F | G-G | Box |
| Messtag | 3 | 10.98 | 0.0009 | 0.0009 | 0.0027 | 0.0296 |
| Residual | 12 | | | | | |

A.-Tab. 23: OLSA im Störgeräusch bei bimodal versorgten Patienten mit vertäubtem Gegenohr: Signifikanztest

Pairwise comparisons of marginal linear predictions

Margins : asbalanced

| | Number of Comparisons |
|---------|-----------------------|
| Messtag | 6 |

| | Contrast | Std. Err. | Bonferroni t | Bonferroni P> t | Bonferroni [95% Conf. Interval] |
|---------|----------|-----------|-----------------|--------------------|------------------------------------|
| Messtag | | | | | |
| 2 vs 1 | -1.19 | .3110198 | -3.83 | 0.014 | -2.170546 - .2094536 |
| 3 vs 1 | -1.64 | .3110198 | -5.27 | 0.001 | -2.620546 - .6594536 |
| 4 vs 1 | -1.4 | .3110198 | -4.50 | 0.004 | -2.380546 - .4194536 |
| 3 vs 2 | -.45 | .3110198 | -1.45 | 1.000 | -1.430546 .5305464 |
| 4 vs 2 | -.21 | .3110198 | -0.68 | 1.000 | -1.190546 .7705464 |
| 4 vs 3 | .24 | .3110198 | 0.77 | 1.000 | -.7405464 1.220546 |

A.-Tab. 24: OLSA im Störgeräusch bei bimodal versorgten Patienten mit vertäubtem Gegenohr: Bonferroni-Korrektur

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. | Min | Max |
|----------|-----|-------|-----------|-------|-------|
| Messtag1 | 5 | -1.22 | 2.127087 | -4.5 | .45 |
| Messtag2 | 5 | -2.94 | 1.584456 | -5.15 | -.7 |
| Messtag3 | 5 | -2.96 | 1.789693 | -5.25 | -1.25 |
| Messtag4 | 5 | -3.04 | 1.789693 | -5.5 | -1.1 |

A.-Tab. 26: OLSA im Störgeräusch bei bimodal versorgten Patienten mit HG: Mittelwert der Sprachverständlichkeitsschwelle über alle Patienten für jeden Messtag, Standardabweichung, Minimal- und Maximalwerte

Bartlett test of sphericity

Chi-square = 12.203
 Degrees of freedom = 6
 p-value = 0.058
 H0: variables are not intercorrelated

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy
 KMO = 0.776

A.-Tab. 27: OLSA im Störgeräusch bei bimodal versorgten Patienten mit HG: Sphärizitätstest

Number of obs = 20 R-squared = 0.9224
 Root MSE = .650304 Adj R-squared = 0.8772

| Source | Partial SS | df | MS | F | Prob>F |
|----------|------------|----|-----------|-------|--------|
| Model | 60.33325 | 7 | 8.6190357 | 20.38 | 0.0000 |
| Patient | 48.68925 | 4 | 12.172313 | 28.78 | 0.0000 |
| Messtag | 11.644 | 3 | 3.8813333 | 9.18 | 0.0020 |
| Residual | 5.07475 | 12 | .42289583 | | |
| Total | 65.408 | 19 | 3.4425263 | | |

Between-subjects error term: Patient
 Levels: 5 (4 df)
 Lowest b.s.e. variable: Patient

Repeated variable: Messtag

Huynh-Feldt epsilon = 0.9500
 Greenhouse-Geisser epsilon = 0.5690
 Box's conservative epsilon = 0.3333

| Source | df | F | Prob > F | | | |
|----------|----|------|----------|--------|--------|--------|
| | | | Regular | H-F | G-G | Box |
| Messtag | 3 | 9.18 | 0.0020 | 0.0024 | 0.0131 | 0.0388 |
| Residual | 12 | | | | | |

A.-Tab. 28: OLSA im Störgeräusch bei bimodal versorgten Patienten mit HG:
 Signifikanztest

| | |
|---------|-----------------------|
| | Number of Comparisons |
| Messtag | 6 |

| | Contrast | Std. Err. | Bonferroni t | Bonferroni P> t | Bonferroni [95% Conf. Interval] | |
|---------|----------|-----------|-----------------|--------------------|------------------------------------|----------|
| Messtag | | | | | | |
| 2 vs 1 | -1.72 | .4112886 | -4.18 | 0.008 | -3.016662 | -.423338 |
| 3 vs 1 | -1.74 | .4112886 | -4.23 | 0.007 | -3.036662 | -.443338 |
| 4 vs 1 | -1.82 | .4112886 | -4.43 | 0.005 | -3.116662 | -.523338 |
| 3 vs 2 | -.02 | .4112886 | -0.05 | 1.000 | -1.316662 | 1.276662 |
| 4 vs 2 | -.1 | .4112886 | -0.24 | 1.000 | -1.396662 | 1.196662 |
| 4 vs 3 | -.08 | .4112886 | -0.19 | 1.000 | -1.376662 | 1.216662 |

A.-Tab. 29: OLSA im Störgeräusch bei bimodal versorgten Patienten mit HG:
Bonferroni- Korrektur

9.9. Daten und Auswertungen: Fragebögen

NCIQ

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. | Min | Max |
|----------|-----|----------|-----------|----------|----------|
| Messtag1 | 6 | 66.51758 | 7.725278 | 60.15046 | 79.55688 |
| Messtag3 | 6 | 67.98225 | 7.935153 | 61.6956 | 81.70718 |
| Messtag4 | 6 | 67.9591 | 8.827139 | 59.375 | 83.14815 |

A.-Tab. 31: NCIQ: Mittelwert über alle Unterbereiche für jeden Messtag, Standardabweichung, Minimal- und Maximalwerte

Bartlett test of sphericity

Chi-square = 29.275
 Degrees of freedom = 3
 p-value = 0.000
 H0: variables are not intercorrelated

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy
 KMO = 0.771

A.-Tab. 32: NCIQ: Sphärizitätstest

Number of obs = 18 R-squared = 0.9917
 Root MSE = .915737 Adj R-squared = 0.9859

| Source | Partial SS | df | MS | F | Prob>F |
|----------|------------|----|-----------|--------|--------|
| Model | 1002.8866 | 7 | 143.26951 | 170.85 | 0.0000 |
| Gruppe | 994.439 | 5 | 198.8878 | 237.17 | 0.0000 |
| Messtag | 8.4475762 | 2 | 4.2237881 | 5.04 | 0.0307 |
| Residual | 8.3857493 | 10 | .83857493 | | |
| Total | 1011.2723 | 17 | 59.486608 | | |

Between-subjects error term: Gruppe
 Levels: 6 (5 df)
 Lowest b.s.e. variable: Gruppe

Repeated variable: Messtag

Huynh-Feldt epsilon = 0.7165
 Greenhouse-Geisser epsilon = 0.6165
 Box's conservative epsilon = 0.5000

| Source | df | F | Prob > F | | | |
|----------|----|------|----------|--------|--------|--------|
| | | | Regular | H-F | G-G | Box |
| Messtag | 2 | 5.04 | 0.0307 | 0.0506 | 0.0606 | 0.0748 |
| Residual | 10 | | | | | |

A.-Tab. 33: NCIQ: Signifikanztest

Pairwise comparisons of marginal linear predictions

Margins : asbalanced

| | Number of Comparisons |
|---------|-----------------------|
| Messtag | 3 |

| | Contrast | Std. Err. | Bonferroni | | Bonferroni | |
|---------|-----------|-----------|------------|-------|----------------------|----------|
| | | | t | P> t | [95% Conf. Interval] | |
| Messtag | | | | | | |
| 3 vs 1 | 1.464672 | .5287012 | 2.77 | 0.059 | -.0527393 | 2.982082 |
| 4 vs 1 | 1.441523 | .5287012 | 2.73 | 0.064 | -.0758875 | 2.958934 |
| 4 vs 3 | -.0231481 | .5287012 | -0.04 | 1.000 | -1.540559 | 1.494263 |

A.-Tab. 34: NCIQ: Bonferroni-Korrektur

Studien-Fragebogen

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. | Min | Max |
|-------------|-----|----------|-----------|----------|----------|
| Mittelwert2 | 7 | 1.566667 | .2808717 | 1.4 | 2.166667 |
| Mittelwert3 | 7 | 1.833333 | .2357023 | 1.5 | 2.166667 |
| Mittelwert4 | 7 | 1.661905 | .2512403 | 1.333333 | 2 |

A.-Tab. 36: Studien-Fragebogen: Mittelwert über alle Fragen für jeden Messtag, Standardabweichung, Minimal- und Maximalwerte

Bartlett test of sphericity

Chi-square = 1.917
 Degrees of freedom = 3
 p-value = 0.590
 H0: variables are not intercorrelated

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy
 KMO = 0.427

A.-Tab. 37: Studien-Fragebogen: Sphärizitätstest

Number of obs = 21 R-squared = 0.5724
 Root MSE = .226604 Adj R-squared = 0.2873

| Source | Partial SS | df | MS | F | Prob>F |
|------------|------------|----|-----------|------|--------|
| Model | .82486772 | 8 | .10310847 | 2.01 | 0.1334 |
| Terzo | .56920635 | 6 | .09486772 | 1.85 | 0.1721 |
| Mittelwert | .25566138 | 2 | .12783069 | 2.49 | 0.1246 |
| Residual | .61619048 | 12 | .05134921 | | |
| Total | 1.4410582 | 20 | .07205291 | | |

Between-subjects error term: Terzo
 Levels: 7 (6 df)
 Lowest b.s.e. variable: Terzo

Repeated variable: Mittelwert

Huynh-Feldt epsilon = 1.1545
 *Huynh-Feldt epsilon reset to 1.0000
 Greenhouse-Geisser epsilon = 0.8516
 Box's conservative epsilon = 0.5000

| Source | df | F | Prob > F | | | |
|------------|----|------|----------|--------|--------|--------|
| | | | Regular | H-F | G-G | Box |
| Mittelwert | 2 | 2.49 | 0.1246 | 0.1246 | 0.1359 | 0.1657 |
| Residual | 12 | | | | | |

A.-Tab. 38: Studien-Fragebogen: Signifikanztest

| | Number of Comparisons |
|------------|-----------------------|
| Mittelwert | 3 |

| | Contrast | Std. Err. | Bonferroni | | Bonferroni | |
|------------|-----------|-----------|------------|-------|----------------------|----------|
| | | | t | P> t | [95% Conf. Interval] | |
| Mittelwert | | | | | | |
| 3 vs 2 | .2666667 | .1211247 | 2.20 | 0.144 | -.0699963 | .6033296 |
| 4 vs 2 | .0952381 | .1211247 | 0.79 | 1.000 | -.2414249 | .431901 |
| 4 vs 3 | -.1714286 | .1211247 | -1.42 | 0.547 | -.5080915 | .1652344 |

A.-Tab. 39: Studien-Fragebogen: Bonferroni-Korrektur

10. Danksagung

Mein Dank gilt Priv. Doz. Dr. med. Maria Schuster, für die Überlassung des Themas dieser Arbeit und das Korrekturlesen.

Weiterhin möchte ich mich bei Prof. Dr. med. Joachim Müller für die ausgezeichnete Betreuung und das Korrekturlesen bedanken.

Besonderer Dank gilt Dipl. Ing. Daniel Leander und Dr. rer. biol. hum. Stephanie Rühl für die ausgesprochen gute Zusammenarbeit und große Unterstützung in allen Phasen der Arbeit.

Des Weiteren bedanke ich mich bei Herrn Sorg und dem terzo-Zentrum München für die Bereitstellung der Materialien, die Übernahme der Anfahrtkosten sowie für die Einweisung der Patienten in das Trainingsmaterial.

Ebenfalls danke ich allen Probanden, die durch ihre Teilnahme diese Studie erst ermöglicht haben, sowie allen Mitarbeitern des Campus Innenstadt der Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, die mir bei Fragen zur Seite standen.

Danken möchte ich auch meinem Freund für die Hilfsbereitschaft, Geduld und stetige Ermutigung während der Erstellung dieser Arbeit.

Weiterer Dank gilt meiner Schwester und meinem Schwager sowie meinen Freunden für die liebevolle Unterstützung und das Korrekturlesen.

Nicht zuletzt möchte ich mich in ganz besonderem Maße bei meinen Eltern bedanken, die mir mein Studium und diese Arbeit ermöglicht haben.

11. Eidesstattliche Versicherung

Eidesstattliche Versicherung

Wizemann, Helen

Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt,

dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

Effekte eines strukturierten intensiven Hörtrainings auf die kommunikative Kompetenz von Cochlea Implantat-Trägern

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

Ort, Datum

Unterschrift Doktorandin/Doktorand