

Aus der Klinik für Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Hörrehabilitation durch Cochlea Implantation bei einseitiger
Ertaubung.
Einfluss auf Sprachverstehen, Lebensqualität, psychische
Komorbiditäten und Tinnitusbelastung.

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae dentariae (Dr. med. dent.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Stephanie Dudka

aus Hamburg

Datum der Promotion: 16.06.2018

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	4
Tabellen- und Grafikverzeichnis	6
Zusammenfassung	8
Abstract	10
1 Einleitung	11
1.1 Single sided deafness im Zusammenhang mit dem Sprachverstehen, Richtungshören, Tinnitus, der Lebensqualität sowie Komorbiditäten	15
1.2 Versorgungsmöglichkeiten der single sided deafness	17
1.3 Cochlea Implantate bei single sided deafness	18
1.4 Aktueller Forschungsstand	20
1.4.1 Sprachverständnis	22
1.4.2 Lebensqualität	23
1.4.3 Therapie von Tinnitus	24
1.4.4 Richtungshören und Lokalisationsvermögen	25
2 Zielstellung	27
3 Patienten, Material und Methoden	28
3.1 Patienten	28
3.2 Material und Methode	28
3.2.1 Das Sprachverstehen - audiometrische Untersuchungen und der Oldenburger Inventar Fragebogen	29
3.2.1.1 Versuchsaufbau Oldenburger Satztest und Freiburger Einsilbertest	29
3.2.1.1.1 Der Oldenburger Satztest	30
3.2.1.1.2 Freiburger Einsilbertest nach K.H. Hahlbrock	32
3.2.1.2 Oldenburger Inventar Fragebogen	33
3.2.2 Fragebögen	33
3.2.2.1 Demographische Daten	34
3.2.2.2 Einschätzung der Lebensqualität	34
3.2.2.3 Tinnitusentwicklung	36
3.2.2.4 Psychische Komorbiditäten	37
3.3 Statistische Grundlagen & Datenauswertung	39

4	Ergebnisse	41
4.1	Die Patientenkohorte	41
4.2	Das Sprachverstehen - Ergebnisse der audiometrischen Untersuchungen und des Oldenburger Inventars	42
4.2.1	OLSA: Vergleich mit und ohne CI	42
4.2.2	Freiburger Einsilbertest: Vergleich prä- und postoperativ bei n = 11 sowie postoperative Werte der Gesamtkohorte	44
4.2.3	OI mit und ohne CI	45
4.3	Ergebnisse der Fragebögen	46
4.3.1	Beurteilung der Lebensqualität	46
4.3.2	Beurteilung der Tinnitusentwicklung	49
4.3.3	Beurteilung der psychischen Komorbiditäten	50
4.4	Korrelationen	52
4.4.1	Korrelation von Sprachverstehen und Lebensqualität	53
4.5	Korrelation psychischer Komorbidität und Tinnitusbelastung	54
5	Diskussion	55
5.1	Das Sprachverstehen - Ergebnisse der audiometrischen Untersuchungen und des Oldenburger Inventars	57
5.1.1	Veränderung des Oldenburger Satztests	57
5.1.2	Veränderung des Freiburger Einsilbertests	59
5.1.3	Veränderung des Oldenburger Inventars	60
5.2	Die Fragebögen – Verängerung der Lebensqualität, des Tinnitus und der psychischen Komorbiditäten	61
5.2.1	Veränderung der Lebensqualität	61
5.2.2	Veränderung der Tinnitusbelastung	65
5.2.3	Veränderung der psychischen Komorbiditäten	66
5.3	Korrelationen	69
5.3.1	Korrelation von Sprachverstehen und Lebensqualität	69
5.3.2	Korrelation psychischer Komorbidität und Tinnitusbelastung	70
5.4	Methodik	71
5.4.1	Die Patientenkohorte	71
5.4.2	Audiometrische Untersuchungen	72
5.4.3	Fragebögen	73

6	Literatur	76
	Eidesstattliche Versicherung	87
	Lebenslauf	88
	Danksagung	89

Abkürzungsverzeichnis

ADS	Allgemeine Depressionsskala
ADS-K	Allgemeine Depressionsskala Kurzform
ADS-L	Allgemeine Depressionsskala Langform
AHL	asymmetrical hearing loss
AzBio	Arizona Bioindustry Association
BAHA	bone-anchored hearing aid
BERA	brainstem electric response audiometry
BKB	Bamfort-Kowal-Bench Test
Brief-COPE	Orientations to Problems Experienced Scale
CES	Center for Epidemiologic Studies
CD	compact disc
CI	Cochlea Implantat(e)
CNC	Consonant-Nucleus-Consonat
CROS HG	contralateral routing of signals mit Hörgerät
CT	Computertomographie
CTB	Charité Testbatterie
CVK	Campus Virchow Klinikum, Charité – Universitätsmedizin Berlin
dB	Dezibel
DGHNOKHC	Deutsche Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Hals-Chirurgie
EEG	Elektroenzephalografie
e. V.	eingetragener Verein
FE	Freiburger Einsilbertest
FMT	Floating Mass Transducer
GAD-7	Generalized Anxiety Disorder
HNO	Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde
HOP	Hörtherapiezentrum im Oberlinhaus, Potsdam
HRQOL	health related quality of life
HSM	Hochmair Schulz Moser Satztest
HUI-3	Health Utilities Index 3
Hz	Herzt
ILD	interaurale(n) Lautheitsdifferenz(en)

ITD	interauralen(n) Laufzeitdifferenz(en)
kHz	Kilohertz
LIST	Leuven Intelligibility Speech Test
mA	Milliampere
MRT	Magnetresonanztomographie
NCIQ	Nijmegen Cochlear Implantat Questionnaire
OI	Oldenburger Inventar Fragebogen
OLSA	Oldenburger Satztest
PC	personal computer
PHS	Patient Health Questionnaire
PSQ	Perceived Stress Questionnaire
QoL	Quality of life
SciNnh	Sprache von der ertaubten bzw. CI-Seite und Störgeräusch von der hörenden Seite
SF-36	Medical Outcome Study Short-Form 36
S0N0	Sprache und Störgeräusch von vorn
S/N	Störgeräusch/Nutzschall
SnhNci	Sprache von der hörenden Seite, Störgeräusch von der ertaubten bzw. CI-Seite
SPL	Schalldruckpegel
SRV	Signal-Rausch-Verhältnis(se)
SSD	single sided deafness
SSP	Sprachschallpegel
SSQ	Spatial and Quality of Hearing Scale
TF	Tinnitus-Fragebogen
TQ	Tinnitus Questionnaire
UKB	Unfallkrankenhaus Berlin
VAS	Visual Analogue Scale
WHO	Weltgesundheitsorganisation

Tabellen- und Grafikverzeichnis

Tabelle 1:	Einteilung der Schwerhörigkeit nach dem Schweregrad (WHO), modifiziert nach [2]
Tabelle 2:	Gradeinteilung der Tinnitusbelastung nach klinischer Symptomatik, modifiziert nach [22, 23]
Tabelle 3:	Adaptive Pegeländerungen für die manuelle Durchführung des OLSA, modifiziert nach [75]
Tabelle 4:	Einteilung des <i>Tinnitus Schweregrades</i> nach Goebel und Hiller, modifiziert nach [23, 82]
Tabelle 5:	OLSA Ergebnisse 0° bei Ruhe mit und ohne CI. n = 20
Tabelle 6:	OLSA Ergebnisse +45°/-45° Sprache gesundes Ohr, Störgeräusch CI-Ohr mit und ohne CI. n = 11
Tabelle 7:	OLSA Ergebnisse +45°/-45° Sprache CI-Ohr, Störgeräusch gesundes Ohr mit und ohne CI. n=20
Tabelle 8:	FE Ergebnisse Vergleich prä- und postoperativ. n = 11
Tabelle 9:	FE Ergebnis mit CI. n = 20
Tabelle 10:	OI Ergebnisse Vergleich prä- und postoperativ. n = 20
Tabelle 11:	NCIQ Ergebnisse Vergleich prä- und postoperativ. n = 20
Tabelle 12:	SF-36 Ergebnisse Vergleich prä- und postoperativ. n differieren
Tabelle 13:	TF Ergebnisse Vergleich prä- und postoperativ. n = 20
Tabelle 14:	PSQ Ergebnisse Vergleich prä- und postoperativ. n = 20
Tabelle 15:	Brief-COPE Ergebnisse Vergleich prä- und postoperativ. n = 20
Tabelle 16:	GAD-7 Ergebnisse Vergleich prä- und postoperativ. n = 20
Tabelle 17:	ADS-L Ergebnisse Vergleich prä- und postoperativ. n = 20
Tabelle 18:	Korrelation von OI und NCIQ Total. n = 20
Tabelle 19:	Korrelation von GAD-7 und TF Total. n = 20
Grafik 1:	Postoperative Tragedauer

Zusammenfassung

Ziel: Das Ziel der vorliegenden Arbeit war die Evaluation des Einflusses einer *Cochlea-Implantat-Versorgung* bei einseitiger Ertaubung auf audiologische und psychologische Parameter sowie auf die Lebensqualität und *Tinnitusbelastung*. Erstmals wurden diese Parameter in einer Studie zusammengefasst und korreliert. Dadurch sollte eine *Cochlea Implantat* (CI) spezifische Ergebnisbewertung mit hoher Evidenz erreicht werden.

Methodik: In die retrospektiv angelegte Studie wurden 20 postlingual einseitig ertaubte Patienten einbezogen. Das Sprachverstehen im Störgeräusch wurde mittels des Oldenburger Satztests (OLSA), das Sprachverstehen in Ruhe mittels des Freiburger Einsilbertests (FE) bei einem Schalldruckpegel von 65 dB ermittelt. Zusätzlich wurden spezifisch validierte Fragebögen, welche Teil der Charité Testbatterie (CTB) sind, verwendet: Anhand des Oldenburger Inventars (OI) wurde die subjektive Einschätzung der Hörfähigkeit überprüft. Die Daten zur Lebensqualität wurden anhand des Nijmegen Cochlear Implant Questionnaire (NCIQ) und des Medical Outcome Study Short Form 36 Survey (SF-36) erhoben. Die *Tinnitusbelastung* wurde mittels des Tinnitus-Fragebogen (TF) nach Goebel und Hiller evaluiert. Die Untersuchung von Stress- und Bewältigungsstrategien sowie psychischer Komorbiditäten erfolgte mittels des Orientations to Problems Experienced Scale Kurzform (Brief-COPE), dem Perceived Stress Questionnaire (PSQ) und Generalized Anxiety Disorder-7 (GAD-7) sowie der Allgemeinen Depressionsskala (ADS).

Ergebnisse: Es konnte eine signifikante Verbesserung des Sprachverstehens in der anspruchsvollsten Konfiguration des OLSA (Sprache auf dem CI-versorgten Ohr, Lärm auf dem normalhörenden Ohr) verzeichnet werden. Es zeigte sich ebenfalls eine signifikante Verbesserung der Sprachverständlichkeit in Ruhe (FE) und des subjektiven Sprachverstehens (OI) im Störgeräusch sowie eine hochsignifikante Verbesserung im Richtungshören. Darüber hinaus wurde eine signifikante Verbesserung der Lebensqualität mit dem NCIQ und SF-36 gemessen. Die postoperative durchschnittliche Tragedauer des CI von 11,5 Stunden pro Tag untermauerte diese Ergebnisse. Die *Tinnitusbelastung* der CI-Patienten mit einem präoperativen Gesamtscore des TF > 30 reduzierte sich signifikant. Des Weiteren normalisierten sich generalisierte Angststörungen (GAD-7). Außerdem wurde präoperativ eine hochsignifikante Korrelation zwischen dem Sprachverstehen und der Lebensqualität (OI und NCIQ Total), sowie eine signifi-

kante Korrelation zwischen der psychischen und der Tinnitus-belastung (GAD-7 und TF Total) ersichtlich.

Schlussfolgerung: Die Versorgung von einseitig ertaubten Patienten mit einem CI stellt eine erfolgreiche Rehabilitation dar. Durch die Wiederherstellung des Hörvermögens und den positiven Einfluss auf belastende Komorbiditäten kann sowohl ein physischer und psychischer Nutzen gewonnen als auch eine Verbesserung der gesundheitsabhängigen Lebensqualität erreicht werden. Die Anwendung der CTB ermöglicht, durch die standardisierte Kombination einzelner Tests, eine differenzierte und detaillierte Evaluation des Benefits bezüglich audiologischen Parametern, Lebensqualität, *Tinnitusbelastung* und psychischen Komorbiditäten. Hieraus resultiert eine hohe Validität der CTB, die es ermöglicht, Neuindikationen einer *Cochlea-Implantat-Versorgung* zu evaluieren.

Abstract

Aim: The aim of this thesis was to investigate the influence of cochlear implants (CI) in single sided deafness (SSD) on audiological and psychological parameters as well as on quality of life (QoL) and tinnitus distress. For the first time, a single study has simultaneously summarised and correlated these parameters. The purpose was to achieve an extended, CI specific outcome measurement with high evidence.

Method: In the retrospective study, 20 postlingual SSD patients were included. Speech perception in noise was analysed by the Oldenburger Satztest (OLSA), speech intelligibility in silence by the Freiburger Einsilbertest (FE) with a continuous sound pressure level of 65 dB. In addition, specific validated questionnaires (part of the Charité Testbatterie (CTB)) were used: subjective assessment of hearing was reviewed by the Oldenburger Inventar (OI), data on QoL by the Nijmegen Cochlear Implant Questionnaire (NCIQ) and the Medical Outcome Study Short Form 36 Survey (SF-36). Tinnitus distress was assessed by the Tinnitus-Fragebogen (TF) by Goebel and Hiller. Additionally, data regarding stress- and coping strategies as well as psychological comorbidities were collected using the Orientations to Problems Experienced Scale Kurzform (BriefCOPE), Perceived Stress Questionnaire (PSQ), Generalized Anxiety Disorder-7 (GAD-7) and the Allgemeine Depressionsskala (ADS).

Results: A significant improvement in the most demanding configuration of the OSLA (language on the cochlear-implanted ear, noise on the normal-hearing ear) was witnessed. Speech intelligibility in silence (FE) and subjective assessment of hearing (OI) showed a significant improvement in interference and a highly significant improvement in directional hearing. A significant improvement in QoL was documented by the NCIQ and SF-36, postoperative average CI-wearing of 11.5 h per day confirmed these results. A significant reduction in tinnitus distress can be seen with patients with a preoperative total score > 30. Furthermore, generalised anxiety disorders normalised (GAD-7). Additionally, a highly significant correlation between speech perception and QoL (OI and NCIQ total) as well as a significant correlation between psychological comorbidities and tinnitus (GAD-7 and TF total) was proved.

Conclusion: CI proved successful rehabilitation for SSD. By recovering hearing ability and the positive influence on stressful comorbidities, a physical use and an improvement in health-related QoL can be achieved. The CTB enables, by the combination of

standardised tests, a differentiated and detailed evaluation on audiometric parameters, QoL, tinnitus and psychological comorbidities. This results in a high validity of the CTB, which enables to evaluate new indications for rehabilitation with a CI.

1 Einleitung

Die Schwerhörigkeit (*Hypakusis*) resultiert aus einer Erkrankung des Hörorgans. Eine verminderte Hörfähigkeit verschiedener Schweregrade ist die Folge (siehe Tabelle 1). Laut der Weltgesundheitsorganisation (WHO) beginnt die *Hypakusis* ab einer Hörminderung von mehr als 40 Dezibel (dB) bei Erwachsenen und mehr als 30 dB bei Kindern [1]. Ausmaße bis zur Taubheit sind möglich. Der *Hypakusis* können Schalleitungsstörungen des Innenohres, Schallempfindungsstörungen der Sinneszellen innerhalb der *Cochlea* oder Schallverarbeitungsprobleme entlang des Hörnervens bzw. der Hörbahn oder des Hörzentrums zugrunde liegen [2]. Die Ursachen der beschriebenen Störungen sind vielfältig. Sie reichen von anatomischen Fehlbildungen, über den Untergang der Sinneszellen durch einen zu hohen Lärmpegel in Freizeit und Berufsleben, bis hin zum Sinneszelluntergang im Alter sowie Erkrankungen wie z. B. Hörsturz, *Morbus Menière*, *Otosklerose* u.v.a. [3].

Die *Hypakusis* zählt zu den häufigsten Erkrankungen der europäischen Bevölkerung. Laut WHO leiden in 2014 über 5 % der Weltbevölkerung an *Hypakusis* und 9 % an unilateraler *Hypakusis* (single sided deafness, SSD) [1, 4, 5]. Es wird vermutet, dass 19 % der über 14-Jährigen keine physiologische Hörschwelle mehr besitzen [6]. Aufgrund des Anstieges der Weltbevölkerung von 7,4 Billionen Menschen in 2017 auf vermutlich 9,3 Billionen Menschen in 2050 und der sich bis 2050 verdoppelnden Anzahl der 60-Jährigen und Älteren von zehn auf 21 % der Gesamtbevölkerung wird auch die Anzahl der unter *Hypakusis* leidenden Menschen stark zunehmen [7]. Ab dem 40. Lebensjahr steigt die Anzahl der unter *Hypakusis* leidenden Menschen alle zehn Jahre um 20 % [8].

Die Folgen der *Hypakusis* sind mannigfaltig. Eine Einschränkung der Lebensqualität ist maßgeblich. Beginnend mit reinen Kommunikationsproblemen, führt die *Hypakusis* oft zur sozialen Isolierung, einem reduzierten Selbstvertrauen, bis hin zur Depression. Je dB Hörverlust erhöht sich das Risiko einer Depression um 5 % [9]. Es wird ebenfalls spekuliert, dass die verstärkte soziale Isolierung ein Grund für ein erhöhtes Risiko an Demenz zu erkranken ist [10]. Laut WHO litten 2010 36 Millionen Menschen unter Demenz. Diese Anzahl wird sich vermutlich bis 2030 verdoppeln und bis 2050 verdreifachen [11]. Hörverlust hat einen Einfluss auf die Entstehung von kognitiven Dysfunktionen. Je höher der Hörverlust ist, umso größer ist die Wahrscheinlichkeit an Demenz zu

erkranken. Es wird vermutet, dass *Hypakusis* in 32 % der Fälle der Grund für eine Erkrankung an Demenz ist [12]. Laut Gallacher et al. (2012) steigt pro 10 dB Hörverlust das Risiko an Demenz zu erkranken um 2,7 % [10]. Laut Lin et al. (2011) erhöht ein milder Hörverlust das Risiko an Demenz zu erkranken um das Zweifache, ein moderater Hörverlust um das Dreifache und ein schwerer Hörverlust sogar um das Fünffache [8]. Eine Hörhilfe, egal welcher Art, kann das Fortschreiten von Demenz nicht verhindern, jedoch die mentale Leistung signifikant verbessern sowie die Erinnerungsfähigkeit, den allgemeinen Zustand und die Lernfähigkeit verbessern [13–16].

Aufgrund der heutzutage üblichen Kommunikationsmittel geht mit der *Hypakusis* oft ein Verlust der individuellen Unabhängigkeit einher. Außer diesen sozialen Problemen ergeben sich aus der *Hypakusis* oft auch berufliche Schwierigkeiten. 2008 wurde durch den ärztlichen Sachverständigenbeirat „Berufskrankheiten“ des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales die Berufskrankheit Nr. 2301 bekanntgegeben: Lärmschwerhörigkeit [17].

Das Auftreten einer SSD wie auch einer bilateralen *Hypakusis* ist möglich. Die vorliegende Studie befasst sich mit der SSD. Single sided deafness bedeutet per Definition, dass ein Ohr, bei starker *Hypakusis* bzw. Taubheit des anderen Ohres, einen Hörverlust von maximal 25 dB aufweisen darf. Die häufigste Ursache der SSD ist die plötzlich auftretende Taubheit durch z.B. einen Hörsturz oder ein akustisches *Neurinom* [18].

Bei der SSD kommt zu den bereits genannten Einschränkungen der Lebensqualität erschwerend hinzu, dass die Funktionen des binauralen Hörens stark eingeschränkt, wenn nicht sogar vollkommen aufgehoben sind. Die drei Effekte des binauralen Hörens sind der Squelch-Effekt, Summations-Effekt sowie der Kopfschatten-Effekt (nähere Erläuterungen siehe Kapitel 1.1). Diese Effekte ermöglichen das Richtungshören sowie das Sprachverständnis im Störgeräusch [19].

Tabelle1: Einteilung der *Hypakusis* nach dem Schweregrad (WHO), modifiziert nach [2]

Grad der <i>Hypakusis</i>	Mittlerer Hörverlust im Reinton-Audiogramm	Klinischer Befund
0 – normalhörig	25 dB oder besser	keine oder nur leichte Probleme bei der Kommunikation, Patient kann Flüstersprache hören
1 – geringgradige <i>Hypakusis</i>	26–40 dB	Umgangssprache wird 1 m vor dem Ohr verstanden
2 – mittelgradige <i>Hypakusis</i>	41–60 dB	lautes Sprechen wird 1 m vor dem Ohr verstanden
3 – hochgradige <i>Hypakusis</i>	61–80 dB	einige Worte werden bei sehr lautem Sprechen auf dem besseren Ohr verstanden
4 – Hörreste oder Taubheit	81 dB oder mehr	keinerlei Sprachverständnis bei maximaler Lautstärke

Einhergehend mit der bilateralen als auch der unilateralen *Hypakusis* ist in 66 bis 68 % der Fälle das Auftreten von *Tinnitus*. *Tinnitus* wird definiert als ein Ohrenleiden, welches durch einen bestehenden auditorischen Sinneseindruck ohne eine externe physische Quelle besteht. Bislang ist noch nicht geklärt, wodurch *Tinnitus* entsteht. Es besteht jedoch die Hypothese, dass sich ändernde neurale Aktivitäten aufgrund von veränderten oder fehlenden auditorischen Sinneseindrücken, wie z. B. durch *Hypakusis* bzw. Taubheit, *Tinnitus* hervorrufen können [20]. Ein bestehender *Tinnitus* hat ebenfalls oft negative Auswirkungen auf die Lebensqualität: Schlaf, Konzentration sowie private und berufliche Aktivitäten sind häufig stark beeinflusst. Außerdem können durch die ständige Belastung Depressionen sowie Angstzustände ausgelöst werden [21]. Die Gradeinteilung der *Tinnitusbelastung* nach klinischer Symptomatik kann Tabelle 2 entnommen werden.

Tabelle 2: Gradeinteilung der *Tinnitusbelastung* nach klinischer Symptomatik, modifiziert nach [22, 23].

Belastung durch Tinnitus	Klinische Symptomatik
Schweregrad 1 (kompensiert)	Kein Leidensdruck
Schweregrad 2 (kompensiert)	<i>Tinnitus</i> ist hörbar bei geringen Umgebungsgeräuschen und wirkt störend bei Stress und emotionaler Belastung. <i>Tinnitus</i> ist maskierbar durch Umgebungsgeräusche
Schweregrad 3 (dekompensiert)	<i>Tinnitus</i> übertönt alle Geräusche. Die Betroffenen fühlen sich durch den <i>Tinnitus</i> sowohl im beruflichen wie auch privaten Bereich erheblich beeinträchtigt. Es treten ausgeprägte Störungen im kognitiven, emotionalen und körperlichen Bereich auf
Schweregrad 4 (dekompensiert)	Der <i>Tinnitus</i> führt zur völligen Dekompensation im privaten und beruflichen Bereich bis hin zur Arbeitsunfähigkeit

Seit 1980 stellen *Cochlea Implantate* (CI) eine mögliche Versorgung der *Hypakusis* dar, sobald die suffiziente Versorgung mittels eines Hörgerätes nicht mehr möglich ist [24]. Der Indikationsbereich beginnt in Fachkreisen bei einer Schwelle von 40 % Sprachverstehen im Freiburger Einsilbertest (FE) (nähere Erläuterung Kapitel 3.2) bei 65 dB. Durch die stetige Weiterentwicklung und Optimierung der CI wird das Sprachverstehen von Schwerhörigen und ertaubten Patienten stets verbessert. Der Erfolg der CI in diesem Bereich wurde bereits 1985 bei bilateral betroffenen Patienten durch Tyler et al. (1985), wissenschaftlich belegt [25]. Außerdem erreichen CI in 65 bis 93 % der Fälle eine Reduzierung eines zuvor bestehenden *Tinnitus* [20].

Aufgrund der im täglichen Leben erheblichen Einschränkungen durch das Fehlen eines binauralen Hörvermögens bei unilateral ertaubten Patienten wird jüngst diskutiert, inwieweit CI die optimale Versorgung in diesen Fällen darstellen. Verschiedene Studien belegen bereits den positiven Einfluss von CI bei unilateral ertaubten Patienten auf das Richtungshören und Lokalisationsvermögen, das Sprachverständnis im Störgeräusch sowie auf eventuell bestehende Depressionen und *Tinnitus* [20, 26–31]. Zusammenfassend kann aus diesen Studien eine erhebliche Verbesserung der Lebensqualität der Patienten festgestellt werden.

In den zuvor genannten Studien wurden im Vergleich zu der vorliegenden Studie ähnliche oder gleiche Testreihen durchgeführt und/oder Fragebögen erhoben. Jedoch beinhaltet keine Studie alle unter Kapitel 3.2 genannten Tests, wodurch der Zusammenhang aller einzelnen Elemente nicht gestellt werden kann. Die vorliegende Studie vereint alle Testreihen und Fragebögen, wodurch erstmals Zusammenhänge dargestellt werden können. Erschwerend kommt hinzu, dass die Implantation eines CI bei SSD noch recht selten ist, wodurch die Patientenkohorte bei den zuvor genannten Studien entsprechend klein ausfällt. Durch die Anzahl der Implantationen, welche in der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde im Unfallkrankenhaus Berlin (UKB) und am Campus Virchow Klinikum, Charité – Universitätsmedizin Berlin (CVK) durchgeführt werden, war es möglich, im Vergleich zu anderen Studien eine recht große Patientenkohorte zu untersuchen.

1.1 Single sided deafness im Zusammenhang mit dem Sprachverstehen, Richtungshören, Tinnitus, der Lebensqualität sowie Komorbiditäten

Der Vorteil des binauralen Hörens gegenüber dem monoauralen Hören ist in der Literatur ausführlich beschrieben [32–35]. Die SSD vermindert die Lebensqualität der betroffenen Patienten aufgrund des verminderten Sprachverstehens, des fehlenden Richtungshörens sowie eventuell auftretenden *Tinnitus*.

Durch die monoaurale Stimulation fehlen die drei Effekte des binauralen Hörens. Die Folge ist ein vermindertes Sprachverstehen.

Der Summations-Effekt entsteht durch die bilaterale Summation der Lautstärke eines akustischen Signals sowie dessen Redundanz. Die Redundanz resultiert aus der binauralen Verarbeitung der Signale des rechten und linken Ohres durch den auditorischen *Cortex*. Durch die doppelte Schallverarbeitung kommt es zu einem stärkeren, zentralen Erregungsmuster. Das Sprachverstehen wird verbessert [36].

Der Squelch-Effekt setzt ein, sobald die Lokalisierung eines akustischen Signals näher an einem der beiden Ohren ist. Durch die unterschiedliche Distanz registriert das Gehirn dasselbe Signal als unterschiedlichen auditorischen Input, es handelt sich also um einen Verarbeitungseffekt. Dadurch wird die Information getrennt voneinander verarbei-

tet. Eventuell bestehende Störgeräusche können herausgefiltert werden, das Sprachverständnis wird verbessert [36].

Der Kopfschatten-Effekt resultiert aus der räumlichen Trennung des Stör- und Nutzgeräusches durch den Kopf. Durch die beiden unterschiedlichen Signal-Rausch-Verhältnisse (SRV) kann eine Hörverbesserung erreicht werden, da immer ein Ohr näher an der Quelle des Nutzgeräusches ist. Das verbesserte Sprachverständnis wird auch durch diesen physikalischen Effekt hervorgerufen [37].

Hinzu kommt, dass das Richtungshören aufgrund der fehlenden Lautheits- und Laufzeitdifferenzen (ILD und ITD) stark eingeschränkt, wenn nicht sogar vollkommen abhanden gekommen ist. Dadurch ist die Lokalisation einer Schallquelle kaum oder gar nicht möglich. Den unilateral ertaubten Patienten ist es erschwert, sich in ihrer Umwelt zu orientieren. Die ITD resultiert aus den unterschiedlichen Abständen der Schallquelle zu den beiden Ohren. Dadurch ist die Zeit, welche die Schallwellen benötigen um die Ohren zu erreichen, unterschiedlich lang. Die ILD entsteht durch die Reflektion der Schallwellen durch den Kopf. Dies geschieht, sobald die Schallwellen im Vergleich zum Kopf klein sind. Durch den entstehenden Schallschatten ist der Pegel der Schallquelle an dem rechten und linken Ohr unterschiedlich. Frequenzen ab 1,5 Kilohertz (kHz) werden am Kopf gebeugt. Es entsteht kein Schallschatten. In diesem Fall kann die Schallquelle nur durch die ITD lokalisiert werden [38].

Durch die monoaurale akustische Stimulation entstehen, wenn sich der Gesprächspartner auf der ertaubten Seite befindet, Probleme beim Sprachverstehen in geräuschvoller Kulisse. Hinzu kommen Lokalisationsprobleme. Dadurch ist der Patient gezwungen, sich stark zu konzentrieren. Die Folge ist eine schnellere Ermüdung.

Hinzu kommt in 86 % der SSD-Fälle eine Beeinträchtigung der Lebensqualität durch *Tinnitus*, dieser ruft Konzentrationsschwierigkeiten hervor und stellt eine hohe emotionale Belastung dar [21, 26]. Außerdem wurde von Mertens et al. (2013) ein vermindertes Sprachverstehen im kontralateralen Ohr beschrieben, welches durch den *Tinnitus* im ertaubten Ohr resultierte [39].

Durch die beschriebenen Probleme kommt es häufig zu Missverständnissen im Alltag. Es resultieren Frustrationen und Distanzierungen zu Mitmenschen. Nicht selten sind Verhaltensauffälligkeiten, Angst- und depressive Symptomatiken die Folge.

1.2 Versorgungsmöglichkeiten der single sided deafness

Zum Zeitpunkt der aktuellen Forschungen bestehen vier verschiedene Möglichkeiten die SSD zu versorgen.

Die bone-anchored hearing aid (BAHA) wird seit über 30 Jahren zur Versorgung von konduktiv oder gemischt konduktiv/sensorineural schwerhörigen bzw. tauben Patienten genutzt [40]. Seit nunmehr elf Jahren wird die BAHA auch zur Versorgung der sensorineuralen SSD eingesetzt [24]. Die BAHA besteht aus einem Audioprozessor, welcher Schall erkennt und in Vibrationen umwandelt. Diese Vibrationen werden an eine Schnappkupplung übertragen, welche diese verstärkt und an ein Titanimplantat weiterleitet. Dieses ist retroaurikulär osseointegriert. Über die Knochenleitung leitet das Titanimplantat die Schallvibrationen über die *Cochlea* an den Hörnerv [41, 42]. Die BAHA hat den Nachteil, dass das Implantat die Haut penetriert, wodurch die Gefahr einer Infektion erhöht ist. Der Patient muss in der Lage sein, entsprechende hygienische Maßnahmen durchzuführen [43]. Eine weitere Problematik besteht in der Einbuße der auditorischen Fähigkeiten des gesunden Ohres, sobald Störgeräusche von dem, mit dem BAHA versorgten Ohr auf das normalhörende Ohr umgeleitet werden [44–46].

Die Vibrant Soundbridge ist ein Mittelohrimplantatsystem, welches seit 1996 auf dem Markt ist. Der Schall wird durch einen retroaurikulär liegenden Audioprozessor aufgenommen. Nach der Umwandlung des Schalls in elektrische Impulse, werden diese über die Haut an das submuskulär liegende Implantat übertragen. Von dort aus werden die Impulse an den Floating Mass Transducer (FMT) weitergeleitet, welcher die eingehenden Impulse in mechanische Schwingungen umwandelt. Nach der Weiterleitung der Schwingungen an das Innenohr, werden diese als akustische Signale wahrgenommen [42, 47]. Ein Nachteil der Vibrant Soundbridge besteht darin, dass lediglich Patienten versorgt werden können, bei denen die Haarzellen der *Cochlea* noch intakt sind. Dies ist jedoch gerade bei der Altersschwerhörigkeit oder der *Hypakusis* aufgrund einer zu hohen Lärmbelastung häufig nicht der Fall.

Das CROS HG (contralateral routing of signals mit Hörgerät), zum ersten Mal 1965 beschrieben [48], überträgt die am ertaubten Ohr eingehenden akustischen Signale an das gesunde Ohr. Dazu werden die akustischen Signale über einen Audioprozessor auf der Seite des erkrankten Ohres aufgenommen, in elektrische Impulse umgewandelt und

über ein Kabel oder via Funk an ein Empfängermikrofon weitergeleitet, welches am gesunden Ohr sitzt. Dort werden die elektrischen Impulse wieder in akustische Signale umgewandelt und vom gesunden Ohr verarbeitet [49, 50]. Der Nachteil des CROS HG besteht darin, dass auch Störsignale weitergeleitet werden, wodurch das Sprachverständnis in einer Lärmkulisse vermindert ist [51, 52]. Außerdem wird das CROS HG aufgrund geringen Komforts und des Empfindens, einen zu geringen Vorteil durch die Versorgung zu haben, von nur 40 bis 80 % der Patienten akzeptiert [28, 53].

Bei dem CI nimmt das Mikrofon des Audioprozessors die akustischen Schallwellen auf, verstärkt, komprimiert und digitalisiert diese. Das digitalisierte Signal wird anschließend einer Frequenzanalyse unterzogen und in den spezifischen Dynamikbereich des jeweiligen Patienten transformiert. Diese kodierten Informationen werden nun über eine äußere Sendespule per Radiowellen an die Empfängerelektronik des Implantates übertragen. Die äußere Sendespule ist über einen Magneten an der inneren Empfangsspule fixiert. Die Empfängerelektronik dekodiert die Informationen und wandelt sie in elektrische Impulse um. Diese Impulse stimulieren über Elektroden die intakten Nervenzellen des Hörnervs der entsprechenden Seite [54].

1.3 Cochlea Implantate bei single sided deafness

Sowohl die BAHA als auch das CROS HG nutzen, wenn auch durch verschiedene Techniken, das gesunde Ohr der Gegenseite, um akustische Eindrücke durch das ertaubte Ohr bewusst zu registrieren. Die physiologischen Gegebenheiten werden weder rekonstruiert noch ersetzt. Da auch Störgeräusche auf das Ohr der Gegenseite umgeleitet werden, erleiden einseitig ertaubte Patienten dadurch ähnliche auditorische Einbußen wie beidseitig ertaube Patienten. Dies wird besonders durch die sehr geringe Verbesserung des Richtungshörens sowie des Sprachverstehens deutlich [19, 40, 44–46]. Deshalb ist es von großer Bedeutung, den Patienten eine Versorgung anbieten zu können, welche diese Nachteile nicht aufweist.

Das CI ist den anderen Versorgungsmöglichkeiten hinsichtlich des Sprachverständnisses sowie des Lokalisationsvermögens überlegen. Im Störgeräusch ist ein eindeutig besseres Sprachverständnis nachzuweisen. In der schwierigsten Hörsituation Sprache auf der ertaubten Seite, Störgeräusch von der Seite des gesunden Ohres, weist die

Versorgung mittels eines CI eine signifikante Überlegenheit gegenüber den anderen Versorgungsmöglichkeiten auf [26].

Um eine Versorgung mittels CI zu realisieren, müssen sowohl verschiedene audiometrische als auch physiologische Bedingungen gegeben sein. Als Indikationsgrenze gilt in Fachkreisen derzeit als Konsens ein maximales Sprachverstehen von 40 % im Freiburger Einsilbertest mit Wörtern bei einem Sprachschallpegel (SSP) von 65 dB mit Hörgerät. Verbindlich ist jedoch die Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Hals-Chirurgie e. V., Bonn (DGHNOKHC) von 2012: „Für Cochlea-Implantat-Versorgungen kommen Patienten in Frage, bei denen mit Cochlea-Implantaten ein besseres Hören und Sprachverstehen als mit Hörgeräten absehbar zu erreichen sein wird.“ Weiter heißt es: „Eine weitere Indikation besteht bei einseitiger Hörstörung mit CI-Indikationen mit und ohne Tinnitus und erheblicher Einschränkung der Lebensqualität (Van de Heyning et al. (2008) und Arndt et al. (2011))“ [55].

Mittels des subjektiven Promontoriumtests wird die elektrische Stimulierbarkeit der Hörbahn überprüft. Hierzu wird eine Elektrode in den äußeren Gehörgang eingelegt, der Übergangswiderstand wird mittels physiologischer Kochsalzlösung vermindert. „Als Stimuli werden ladungsausgleichende Rechteckpulse in den Frequenzen 30 – 1600 Hz angeboten mit einer Wiederholungsrate von 1-5/s. Bei Gehörgangselektroden können Stromstärken bis zu 2 mA notwendig sein...“ [56]. Auf das kontralaterale *Mastoid* wird die Gegenelektrode geklebt. Der Patient wird angewiesen, auditive Wahrnehmungen beim Ersteindruck und zu laut werdende Hörempfindungen zu signalisieren. Nach dem Test wird der Patient nach der Art des Höreindrucks befragt (Brummen, Rauschen, Schmerz).

Eine Schädigung der Hörbahn im Bereich des *Nervus cochlearis* sowie des *Nucleus olivaris superioir* wird mittels der klinischen und objektiven Ableitmethode der frühen akustisch evozierten Potentiale, der BERA (brainstem electric response audiometry), ausgeschlossen. Hierzu wird über Kopfhörer ein akustischer Reiz dargeboten, das Gegenohr vertäubt und über Hautelektroden (*Vertex* als positive Elektrode, ipsilaterales *Mastoid* als negative Elektrode, Stirn als Massenelektrode) die evozierten Potentiale als Elektroenzephalografie (EEG) abgeleitet und einem Computer zugeführt, welcher die gewonnenen Werte ermittelt. Anhand des Ergebnisses kann das Hörvermögen objektiv bewertet werden [56].

Durch eine Felsenbeindünnschicht-Computertomographie (CT) können eventuell bestehende anatomische Besonderheiten registriert werden. Eine Magnetresonanztomographie (MRT) dient dem Ausschluss von *Akustikusneurinomen*, *Obliterationen* der *Cochlea* sowie *Aplasien* des Hörnervens [57].

In der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde der Charité, Universitätsklinikum Berlin, werden die CI-Systeme "Nucleus Freedom" der Firma „Cochlear“ und "Concerto" der Firma „MED-EL“ implantiert.

1.4 Aktueller Forschungsstand

Die ursprüngliche Indikation eines CI war bei einer beidseitigen Innenohrtaubheit oder hochgradigen *Hypakusis* gegeben. Die Voraussetzung war mit Hörgerät ein Sprachverstehen im FE von maximal 40 % [58]. Mittlerweile hat sich der Indikationsbereich stark erweitert. Laut der Leitlinie der DGHNOKHC besteht eine Indikation ebenfalls bei einseitigen Hörstörungen, wenn die Lebensqualität erheblich eingeschränkt ist. Dies basiert auf den Studien von Vermeire et al. (2009) und Arndt et al. (2011) [26, 27]. Eine Erweiterung des Indikationsbereiches auf Patienten mit einer mäßigen Spracherkennung mit Hörgerät, einer SSD oder altersschwache Patienten wird ebenfalls von Arnoldner und Lin (2013) beschrieben [59].

Laut der Hilfsmittel-Richtlinie des Gemeinsamen Bundesausschusses vom 23. März 2016, Abschnitt C § 22, müssen für die einseitige Hörgeräteversorgung folgende Voraussetzungen gegeben sein [60]:

- (1) Am schlechteren Ohr muss der тонаudiometrische Hörverlust mindestens 30 dB bei 2000 Hz oder mindestens zwei Prüfsequenzen zwischen 500 und 4000 Hz betragen.
- (2) Durch die Versorgung mittels eines Hörgerätes muss der Gewinn bei der Überprüfung des Freiburger Einsilbertests, bei Vertäubung des Gegenohres mindestens 20 Prozentpunkte betragen bzw. 65 dB nahe kommen.

(3) Mittels Hörgeräteversorgung des schlechteren Ohres muss eine Verringerung der 50 % Sprachverständlichkeitsschwelle im sprachsimulierenden Störschall um mindestens 1,5 dB erzielt werden.

(4) Ergänzend kann eine verbesserte Richtungsidentifikation erwiesen werden.

Laut §19 ist das Versorgungsziel unter anderem ein Sprachverstehen bei Umgebungsgeräuschen und in größeren Personengruppen.

Verschiedene Studien belegen, dass die Versorgung mittels eines CI in Bezug auf das Sprachverstehen, Richtungshören, Lokalisationsvermögen die Therapie von *Tinnitus* und die Lebensqualität den anderen schon erwähnten Versorgungsmöglichkeiten der einseitigen Taubheit bzw. *Hypakusis* weit überlegen ist [19, 20, 26–31, 61–63]. Diese Studien werden in den folgenden Kapiteln näher erläutert.

Inzwischen bestehen drei „Reviews“, welche alle Studien zusammenfassen, die sich mit dem Einfluss einer *Cochlea-Implantat-Versorgung* auf das Sprachverstehen und Lokalisationsvermögen, einen bestehenden *Tinnitus* und die Lebensqualität beschäftigen.

Der im Oktober 2012 veröffentlichte „Review“ von Arts et al. fasst alle bis zu diesem Zeitpunkt bestehenden Studien zusammen, welche sich mit dem Thema des CI als Therapiemittel von *Tinnitus* bei einseitiger *Hypakusis* bzw. Taubheit auseinandergesetzt haben. Es wird eine signifikante *Tinnitus-suppression* sowie die Rückkehr des *Tinnitus* nach Ausschalten des CI beschrieben [20],

Die Meta-Analyse von Blasco und Redleaf (2014) fasst alle Studien von Beginn der Datenaufzeichnung bis Juni 2013 zusammen, welche den Einfluss eines CI auf das Sprachverständnis sowie die positive Beeinflussung auf einen vorhandenen *Tinnitus* bei SSD diskutieren. Zusammenfassend kann eine Verbesserung des *Tinnitus* um 96 % und des Sprachverständnisses um 100 % festgestellt werden [62].

Der „Review“ von Van Zon et al. (2015) schließt alle Studien mit ein, welche bis Dezember 2013 den Einfluss einer *Cochlea-Implantat-Versorgung* auf das Sprachverständnis, das Lokalisationsvermögen, einen bestehenden *Tinnitus* und die Lebensqualität bei SSD und asymmetrical hearing loss (AHL) diskutieren. Im Folgenden werden die Studien, welche sich laut Van Zon et al. (2015) mit AHL befassen, ebenfalls in die Auswertungen mit einbezogen, da nicht ersichtlich ist, wie es zu dieser Klassifizierung ge-

kommen ist. Laut eigener Recherche und den anderen bereits erwähnten „Reviews“ untersuchten diese Studien ebenfalls SSD. Die Werte der Verbesserung des Sprachverstehens und des *Tinnitus* stimmen mit den anderen „Reviews“ überein. Die Lebensqualität verbessert sich ebenfalls signifikant [64].

1.4.1 Sprachverständnis

In der Studie von Arndt et al. (2011) wurden mittels des Hochmair Schulz Moser Satztest (HSM) in drei verschiedenen Versuchsaufbauten die unversorgte Situation, die versorgte Situation mit CROS-HG bzw. BAHA sowie die versorgte Situation mittels CI verglichen [26]:

1. Stör- und Nutzgeräusch (Sprache) direkt von vorn,
2. Störgeräusch von der ertaubten Seite und Nutzgeräusch (Sprache) von der hörenden Seite,
3. Störgeräusch von der hörenden Seite und Nutzgeräusch (Sprache) von der ertaubten Seite.

Durch die verschiedenen Lokalisationen von Stör- und Nutzgeräusch wurden die drei Effekte des binauralen Hörens getestet. Die erste Situation repräsentierte den Summations-Effekt, die zweite den Squelch-Effekt und die dritte Situation den Kopfschatten-Effekt [19].

Es zeigte sich in der dritten Konfiguration, dass eine Versorgung mittels CI gegenüber den anderen Versorgungsmöglichkeiten und dem unversorgten Zustand in Bezug auf die Sprachverständlichkeit signifikant bessere Ergebnisse erzielte. In der zweiten Situation erzielte die *Cochlea-Implantat-Versorgung* noch gegenüber der Versorgung mittels BAHA erheblich bessere Ergebnisse, in der ersten Situation konnten keine Unterschiede festgestellt werden [26].

Die Studie von Vermeire et al. (2009) untersuchte den gleichen Versuchsaufbau, nutzte jedoch den Leuven Intelligibility Speech Test (LIST) und verglich das Sprachverständnis postoperativ bei an- und ausgeschaltetem CI. Es werden zwei Versuchsgruppen unterschieden: Patienten mit einer Hörhilfe auf dem kontralateralen Ohr und Patienten mit einem normalhörenden Ohr auf der kontralateralen Seite. Folgend wird lediglich die

zweite Patientengruppe beachtet. Eine signifikante Verbesserung konnte ebenfalls in der dritten Konfiguration festgestellt werden.

Jacob et al. (2011) und Távora-Vieira et al. (2013) nutzten den gleichen Versuchsaufbau, führten jedoch den Oldenburger Satztest (OLSA) bzw. den Bamfort-Kowal-Bench Test (BKB) durch und verglichen das Sprachverständnis bei an- und ausgeschaltetem CI bzw. die prä- und postoperative Situation. Jacob et al. (2011) stellten keine Veränderung des SRV fest, Távora-Vieira et al. (2013) stellten ebenfalls wie Arndt et al. (2011) eine signifikante Verbesserung in der dritten Konfiguration fest [28, 31].

Hansen et al. (2013) erforschten die Verbesserung des Sprachverständnisses bei SSD durch ein CI bei Patienten nach drei, sechs, zwölf und 24 Monaten nach Implantation. Hierzu verwendeten sie Consonant-Nucleus-Consonant einsilbige Wörter (CNC) sowie AzBio (Arizona Bioindustry Association) Sätze. Diese wurden in einem Sprachfeld von 10' x 9,3' x 6,5' mit 60 dB präsentiert, während das gesunde Ohr vertäubt wurde. Die Verbesserung betrug bei den CNC 28 % und bei den AzBio Sätzen 40 % [63].

Auch Stelzig et al. (2011) registrierten in ihren Versuchsanordnungen Verbesserungen des Sprachverständnisses. Es wurden die Reintonaudiometrie, der FE sowie der HSM durchgeführt. Der Schwellenwert der Reintonaudiometrie verbesserte sich auf der CI-implantierten Seite von 80–100 dB (präoperativ) auf 25–24 dB (postoperativ). Im FE wurde ein Wortverständnis von durchschnittlich 75 % bei einem Schalldruckpegel (SPL) von 65 dB erreicht. Auch die Ergebnisse des HSM verbesserten sich postoperativ [65].

1.4.2 Lebensqualität

Unter den Problematiken des eingeschränkten Sprachverstehens und des *Tinnitus* leiden die Patienten erheblich. Oft führen die Probleme zu sehr starken Einschränkungen im Alltag. Isolation und Depressionen sind die Folge [66]. Die in 2012 durchgeführte Studie von Chung et al. untersuchte die Verbesserung der Lebensqualität bei SSD nach CI-Implantation. Die Patienten, welche an der Studie teilnahmen, füllten sowohl vor als auch ein Jahr nach Implantation den Medical Outcome Study Short Form 36 Survey (SF-36) (nähere Erläuterung siehe Kapitel 3) aus. Anhand dessen war ersichtlich, dass eine erhebliche Verbesserung der Lebensqualität nach erfolgreicher Implantation eintrat [67]. Die Ergebnisse der Fragebögen wurden außerdem mit den Normwerten nach Hopman et al. (2000) verglichen [68]. Nach Implantation wiesen die Patienten Werte im

Normbereich auf. Eine erhebliche Verbesserung wurde in den Domänen „körperliche Funktionsfähigkeit“, „soziale Funktionsfähigkeit“, „Vitalität“ und „allgemeine Gesundheitswahrnehmung“ erzielt.

Vermeire und Van de Heyning (2009) untersuchten die Veränderung der Lebensqualität anhand des Speech Spatial and Quality of Hearing Scale (SSQ). Der SSQ untersucht die Lebensqualität im Zusammenhang mit dem Sprachverständnis, dem räumlichen Hören sowie der Qualität des Hörens. Die Patientenkohorte wurde in zwei Gruppen unterteilt: Eine Gruppe war auf dem CI-kontralateralen Ohr zusätzlich mit einem Hörgerät versorgt, die andere Gruppe nicht. Beide Gruppen verzeichneten postoperativ eine signifikante Verbesserung in dem Sprachverstehen und der Qualität des Hörens. Das räumliche Hören verbesserte sich lediglich bei den Patienten, welche auf dem kontralateralen Ohr kein Hörgerät trugen [27].

Bei der Validierung der Daten der Studie von Arndt et al. (2011) wurde der Health Utilities Index 3 (HUI-3) sowie der SSQ angewandt. Es wurde die *Cochlea-Implantat-Versorgung* bei SSD mit der Versorgung mittels CROS-HG, BAHA und dem unversorgten Zustand verglichen. Die Validierung mittels des HUI-3 zeigte einen signifikanten Vorteil des CI gegenüber den anderen Versorgungsmöglichkeiten auf. Auch im Vergleich mit der unversorgten Situation zeigte sich eine Zunahme der Lebensqualität, diese war jedoch nicht signifikant. Die Validierung mittels des SSQ zeigte auf, dass durch die Versorgung mittels eines CI postoperativ signifikant bessere Ergebnisse im Sprachverstehen und räumlichen Hören erreicht wurden. Die Qualität des Hörens verbesserte sich gegenüber den anderen Situationen nicht [30].

Távora-Vieira et al. (2013) nutzten ebenfalls den SSQ und verglichen die prä- und postoperative Situation. Eine signifikante Verbesserung konnte in allen drei Unterklassen verzeichnet werden [31].

1.4.3 Therapie von Tinnitus

Der im Oktober 2012 veröffentlichte „Review“ von Arts et al., fasst neun Studien zusammen; in acht der neun Studien handelte es sich um „Standard Cochlea Implantate“, deren elektrischen Impulse durch Umgebungsgeräusche ausgelöst werden. Eine der neun Studien befasste sich mit „Experimentellen Cochlea Implantaten“, welche elektri-

sche Impulse auch ohne auslösende Umgebungsgeräusche generieren. Vier der neun Studien überprüften die Entwicklung des *Tinnitus* sowohl durch den Tinnitus Questionnaire (TQ) als auch durch den Visual Analogue Scale (VAS). Vier Studien betrachteten die Entwicklung ausschließlich durch den VAS. Eine Studie konnte aufgrund fehlender Auswertungsparameter nicht quantitativ bzw. qualitativ ausgewertet werden. Alle Studien zeigten, dass im Schnitt nach drei bis sechs Monaten eine deutliche Tinnitussuppression bei der SSD-Versorgung mittels CI vorliegt, bei den „Experimentellen Cochlea Implantaten“ sogar schon nach wenigen Minuten. Allen Ergebnissen gemein war die Wiederkehr des *Tinnitus* nach der Deaktivierung des CI [20].

Eine Verbesserung eines bestehenden *Tinnitus* durch eine der anderen Versorgungsmöglichkeiten ist in der Literatur nicht beschrieben.

Der „Review“ von Van Zon et al. (2015) fasst sechs Studien zusammen, welche die *Tinnitusbelastung* bei SSD unter dem Einfluss eines CI untersuchten. Drei der sechs Studien werden bereits in dem „Review“ von Arts et al. (2012) erwähnt [61, 69, 70]. Arndt et al. (2011) untersuchten die Tinnitusbelastung mittels des VAS sechs Monate nach Implantation und verglichen die prä- und postoperative Situation. Postoperativ bestand kein *Tinnitus* mehr. Mertens et al. (2013) nutzten den VAS sowie den TQ. Durch den VAS wurde im Vergleich von an- und abgeschalteten CI nach zwölf Monaten eine signifikante Verbesserung verzeichnet. Mittels des TQ kann im Vergleich der prä- und postoperativen Situation weder zwölf noch 36 Monate nach Implantation eine signifikante Verbesserung festgestellt werden. Távora-Vieira et al. (2013) nutzten den Tinnitus Reaction Questionnaire. Es wurde eine signifikante Reduktion der *Tinnitusbelastung* um 77 bis 100 % beschrieben [64].

1.4.4 Richtungshören und Lokalisationsvermögen

Die Studie von Jacob et al. (2011) befasst sich mit dem Vergleich des Richtungshörens bei SSD mit und ohne *Cochlea-Implantat-Versorgung* drei Monate nach Erstanpassung. Zum einen wurden die Patienten nach ihrer subjektiven Zufriedenheit bezüglich des Richtungshörens befragt, hierbei gaben 8,3 von zehn Patienten an, zufrieden zu sein, zum anderen wurde das Richtungshören in einem schallisolierten Raum mit elf im Halbkreis angeordneten Lautsprechern getestet. Die Lautsprecher wurden mit einem Abstand von jeweils 18° voneinander montiert. Als Stimulus diente ein sprachähnliches

Geräusch oder weißes Rauschen mit einer Dauer von einer Sekunde. Dieses Geräusch wurde zufällig mit 60, 70 oder 80 dB und aus einer zufällig gewählten Richtung präsentiert. Der Patient musste angeben, aus welchem Lautsprecher das Geräusch zu hören war. Dieser Versuch wurde monaural (ohne CI) und binaural (mit CI) durchgeführt. Die Abweichungen zwischen den vermuteten und den tatsächlichen Geräuschquellen wurden in Grad gemessen, anhand derer anschließend der Fehlerwinkel berechnet und mit Normalhörenden verglichen wurde. Normalhörende erreichten bei diesem Test einen Fehlerwinkel zwischen 2° bei Geräuschpräsentation von vorn und 5° bei Geräuschpräsentation von hinten oder der Seite. Bei dem monoauralen Hören waren die Patienten nicht in der Lage, Geräusche zu lokalisieren, welche auf der ertaubten Seite präsentiert wurden. Geräusche, welche auf der hörenden Seite lokalisiert waren, wurden zum Teil erkannt. So ergab sich ein Fehlerwinkel von durchschnittlich 48°. Durch die Nutzung des CI konnte der Fehlerwinkel auf durchschnittlich 4° verbessert werden. Jacob et al. (2011) vermuteten, dass das wiedererlangte Richtungshören auf die ILD zurückzuführen ist, welche durch das CI zurückgewonnen wurde. Eine Verbesserung basierend auf der ITD kann aufgrund einer zu langsamen Verarbeitung im Sprachprozessor ausgeschlossen werden [28].

Bei der Versuchsanordnung von Arndt et al. (2011) wurden sieben Lautsprecher in einem Abstand von 30° zueinander angeordnet. Als Stimulus wurden Sätze des OLSA verwendet. Der Stimulus wurde mit Lautstärken zwischen 59 dB und 71 dB SPL, im Mittel mit 65 dB SPL präsentiert. Das Ergebnis der richtig erkannten Stimuli wurde in Prozent errechnet. Dieser Test wurde mit einer *Cochlea-Implantat-Versorgung* (zwölf Monate nach Implantation), unversorgt sowie mit BAHA- und CROS-HG-Versorgung durchgeführt. Der Fehlerwinkel und somit das Lokalisationsvermögen war mit der *Cochlea-Implantat-Versorgung* signifikant besser als mit den anderen bzw. ohne Versorgung [26].

Einen ähnlichen Versuchsaufbau gestalteten Firszt et al. (2012). Sechs Monate nach Implantation erreichten Patienten mit einer postlingualen Taubheit im Gegensatz zu prä- oder perilingual ertaubten Patienten eine signifikante Verbesserung im Lokalisationsvermögen [29].

2 Zielstellung

Aufgrund des veränderten Indikationsbereiches werden vermehrt *Cochlea Implantate* bei Patienten mit SSD implantiert. In der Leitlinie der DGHNOKHC von 2012 heißt es: „Eine weitere Indikation besteht bei einseitiger Hörstörung mit CI-Indikationen mit und ohne Tinnitus und erheblicher Einschränkung der Lebensqualität (Van de Heyning et al. (2008) und Arndt et al. (2011))“ [55]. Bislang wurden jedoch hauptsächlich Studien erhoben, welche die Veränderungen der audiometrischen Parameter aufzeichneten. Nur wenige der bestehenden Studien beschäftigten sich zudem mit den Themen *Tinnitus* und Lebensqualität. Um den Einfluss der *Cochlea-Implantat-Versorgung* auf die SSD im Gesamten zu betrachten und um den Indikationsbereich der Leitlinie in toto auszuschöpfen ist es jedoch notwendig, weitaus mehr Parameter mit einer stets gleichbleibenden Testbatterie zu erheben. Darunter fallen der Einfluss auf das Sprachverstehen, die Lebensqualität, ein eventuell bestehender *Tinnitus* sowie die Veränderung von psychischen *Komorbiditäten*. Es ergibt sich eine hoch komplexe Thematik, welche es notwendig macht, die aufgezählten Punkte sowohl isoliert als auch in Korrelation zu betrachten. Aus diesem Grund wurden in einer retrospektiven Studie folgende Fragestellungen untersucht:

1. Verändert sich nach der *Cochlea-Implantat-Versorgung* das Sprachverstehen in Ruhe und im Störgeräusch in verschiedenen Konfigurationen des alltäglichen Lebens, objektiv und subjektiv betrachtet?
2. Wird die krankheitsspezifische und allgemeine Lebensqualität durch das CI verbessert?
3. Wie wirkt sich die *Cochlea-Implantat-Versorgung* auf eine eventuell präoperativ bestehende *Tinnitusbelastung* aus?
4. Welchen Einfluss hat die *Cochlea-Implantation* auf die Stressbelastung und Stressbewältigungsstrategien sowie auf eventuell bestehende Angst- und depressive Symptomatiken?
5. In welchem Zusammenhang stehen die einzelnen erhobenen Parameter?

3 Patienten, Material und Methoden

3.1 Patienten

In die vorliegende Studie wurden 20 postlingual ertaubte SSD-Patienten (13 Frauen, sieben Männer) einbezogen, welche zwischen 2010 und 2012 im UKB und am CVK mit einem CI versorgt wurden. Elf der untersuchten Patienten wurden im CVK implantiert, neun Patienten im UKB. Es handelt sich um eine retrospektive Studie.

Als Einschlusskriterien galten eine *Cochlea-Implantat-Versorgung* bei SSD frühestens ein halbes Jahr nach Erstanpassung sowie ein Lebensalter von mindestens 18 Jahren.

Eine schriftliche Einverständniserklärung der Patienten zur Teilnahme an der Studie lag vor. Die Studie wurde durch die Ethik-Kommission der Charité Berlin genehmigt. Die Nummer des Ethikantrages lautet: EA2/030/13.

3.2 Material und Methode

Die Datenerhebung erfolgte anhand von Fragebögen und audiometrischen Untersuchungen.

Die Fragebögen wurden 0,5–3,3 Jahre postoperativ ausgefüllt. Anhand der Fragebögen wurde der Einfluss des CI auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität, die Entwicklung eines eventuell vorhandenen *Tinnitus* sowie das Stresserleben und dessen Bewältigungsstrategien analysiert.

Demographische Daten, wie das Patientenalter bei der Implantation, die Lebenszeit in Taubheit und die Zeit seit der Erstanpassung, wurden den Patientenakten entnommen.

Die audiometrischen Untersuchungen wurden zum größten Teil ausschließlich 0,5–3,3 Jahre postoperativ mit und ohne CI durchgeführt (OLSA und FE – Patienten des UKB). Die präoperative Versuchsdurchführung des FE wurde ausschließlich bei den im CVK implantierten Patienten durchgeführt. Im UKB wurde der FE nicht als Voruntersuchung durchgeführt. Die audiometrischen Untersuchungen wurden mit allen 20 Patienten im Hörtherapiezentrum im Oberlinhaus, Potsdam (HOP), und/oder am CVK durchgeführt. Am CVK wurden die audiometrischen Untersuchungen erweitert. Daher erfolgte die

Durchführung des OLSA mit Nutzschaall auf dem normalhörenden Ohr und Störgeräusch auf dem mit einem CI versorgten Ohr (mit und ohne CI) bei nur elf von 20 Patienten. Das Gleiche gilt für die präoperative Untersuchungsdurchführung des FE.

Die Auswertung der gesamten Daten oblag ausschließlich der Doktorandin.

Sowohl die Fragebögen als auch die audiometrischen Untersuchungen werden im Folgenden einzeln erläutert.

3.2.1 Das Sprachverstehen - audiometrische Untersuchungen und der Oldenburger Inventar Fragebogen

Bei den sprachaudiometrischen Tests handelte es sich um den FE sowie den OLSA. Die Tests dienten dazu, das Sprachverstehen der Patienten in verschiedenen Lebenssituationen zu ermitteln. Das verwendete Sprachmaterial war innerhalb einer Testgruppe stets von gleicher Lautstärke.

Bei der Auswertung musste beachtet werden, dass bei der Sprachaudiometrie die assoziativen Fähigkeiten der Patienten eventuell bessere Ergebnisse hervorrufen, da Wörter auch dann richtig erkannt werden können, wenn nur einzelne Laute verstanden wurden.

3.2.1.1 Versuchsaufbau Oldenburger Satztest und Freiburger Einsilbertest

Die Messungen des OLSA sowie des FE wurden in einer schallisolierten Audiometrikabine des CVK und/oder im HOP durchgeführt.

Ein halbkreisförmiger Tisch diente als Arbeitsplatz. An diesem waren radiär um den Patienten in den Positionen 0°, +45°, -45°, +90° und -90° Lautsprecher angeordnet.

Der Arbeitsplatz des Untersuchers befand sich gegenüber von dem Patienten, sodass stets der Augenkontakt gehalten werden konnte. Ausgestattet war der Arbeitsplatz mit einem handelsüblichen „personal computer“ (PC) sowie einem „Audiokeyboard“ mit integrierter Schaltfläche für die Lautsprechereinstellungen, über welche sich Schallpegeländerungen vornehmen ließen.

Durch eine gesonderte Software (AT 900) war es möglich, verschiedene audiometrische Tests durchzuführen. Die Software wurde auf „Sprachaudiometrie“ gestellt, die

Sätze des OLSA wurden durch eine separate CD(compact disc)-Rom zur Verfügung gestellt.

Der Pegel des Nutzschalls sowie des Störgeräusches konnte durch farblich markierte Regler individuell eingestellt werden, außerdem konnten die Lautsprecher individuell ausgewählt werden, sodass verschiedenste Kombinationen der räumlichen Darbietung von Nutzschall und Störgeräusch möglich waren.

3.2.1.1.1 Der Oldenburger Satztest

Der OLSA, entwickelt von Wagener et al. (1999) basierend auf dem schwedischen Satztest nach Hagerman (1984), stellt einen der neueren Satztests dar [71–73].

Dieser Satztest kann sowohl in Ruhe als auch im Störgeräusch durchgeführt werden. Der OLSA im Störgeräusch repräsentiert einen adaptiven Hörtest. Bei gleichbleibendem Pegel des Störgeräusches variiert die Lautstärke der Sprache und somit das SRV. Dadurch kann die Sprachverständlichkeitsschwelle im Störgeräusch bestimmt werden, welche als der Signal-Rausch-Abstand definiert ist, bei dem 50 % aller präsentierten Wörter korrekt verstanden werden [74].

„Das Sprachmaterial des OLSA setzt sich aus einer Basisliste von zehn Sätzen à fünf Wörtern zusammen“. Diese Sätze sind wie folgt angeordnet: Name – Verb – Zahlwort – Adjektiv – Substantiv. Eine zufällige Auswahl der 50 angebotenen Wörter ermöglicht eine Wortkombination von 10^5 Möglichkeiten [75].

Durch die zufällige Auswahl von jeweils einem Wort aus den fünf verschiedenen Wortgruppen entstehen zum Teil sinnlose Sätze. Dadurch wird sichergestellt, dass die Sätze weder vorhersagbar noch auswendig zu lernen sind [75].

Die Testwörter entsprechen der mittleren Phonemverteilung der deutschen Sprache und sind Bestandteil des Wortschatzes von Grundschulkindern. Dadurch ist der Test für alle Altersgruppen geeignet. Außerdem wird eine Überartikulation der Sätze durch einen ungeschulten Sprecher vermieden. Hinzu kommt, dass die Geschwindigkeit der gesprochenen Sätze mit einer Silbenzahl von 233/min mäßig ist und der Test daher auch mit CI-Trägern durchführbar ist [71].

Versuchsdurchführung OLSA

Der OLSA wurde in sechs unterschiedlichen Kombinationen von Nutzschall, Störgeräusch und Gebrauch bzw. keinem Gebrauch des CI durch den Patienten durchgeführt:

- 0° in Ruhe mit CI
- 0° in Ruhe ohne CI
- +45°/-45° mit CI, Nutzschall gesundes Ohr, Störgeräusch CI-Ohr
- +45°/-45° mit CI, Nutzschall CI-Ohr, Störgeräusch gesundes Ohr
- +45°/-45° ohne CI, Nutzschall gesundes Ohr, Störgeräusch CI-Ohr
- +45°/-45° ohne CI, Nutzschall CI-Ohr, Störgeräusch gesundes Ohr

Der Pegel des Störgeräusches wurde während des Tests konstant bei 65 dB gehalten. Der Pegel des Nutzschalls begann bei 65 dB und wurde im Laufe des Tests individuell angepasst. Der Proband wurde gebeten, die gesprochenen Sätze zu wiederholen, jedes verstandene Wort wurde markiert. Je nach Anzahl der verstandenen Wörter wurde der Pegel des Nutzschalls lauter oder leiser geregelt. Verstand der Patient ein oder kein Wort, wurde der Pegel des Nutzschalls erhöht. Verstand der Patient mehr als ein Wort, wurde der Pegel des Nutzschalls reduziert. Zunächst erfolgte bei den ersten fünf Sätzen eine starke Änderung des Nutzschallpegels, um sich der Sprachverständlichkeitsschwelle schneller zu nähern. Danach wurden feinere Einstellungen vorgenommen.

Die vorzunehmenden Schallpegeländerungen richteten sich nach: HörTech gGmbH. Oldenburger Satztest - Bedienungsanleitung für den manuellen Test auf Audio-CD. Die Werte sind der Tabelle 3 zu entnehmen.

Tabelle 3: Adaptive Pegeländerungen für die manuelle Durchführung des OLSA, modifiziert nach [75].

Richtig verstandene Wörter im vorangegangenen Satz	Pegeländerung der Sprache	
	Satz 2 bis 5	Satz 6 bis 31
5	-3 dB	-2 dB
4	-2 dB	-1 dB
3	-1 dB	0 dB
2	+1 dB	0 dB
1	+2 dB	+1 dB
0	+3 dB	+2 dB

Vor Beginn des Tests wurde der Proband über den Ablauf instruiert und gebeten, die Sätze, welche ihm angeboten werden, zu wiederholen, auch dann, wenn nur einzelne Wörter verstanden werden sollten.

Zu Beginn wurden dem Probanden 20 Übungssätze vorgespielt, um den von Wagener et al. (1999) beschriebenen Lerneffekt zu erreichen, welcher nach den ersten 20 Sätzen 1 dB beträgt [71].

Während des Tests sollten dem Probanden keine Rückmeldungen gegeben werden, da dieses bei Nicht-Erkennen der Sätze schnell demotivierend wirkt.

Die Berechnung der Sprachverständlichkeitsschwelle bei einem Wortverständnis von 50 % erfolgte durch Bildung des Mittelwertes des ersten und zweiten ermittelten Schalldruckpegels. Der Normbereich ist zwischen den Werten -5 und -9 dB S/N (Störgeräusch/Nutzschall) definiert [73].

3.2.1.1.2 Freiburger Einsilbertest nach K.H. Hahlbrock

Der Freiburger Sprachverständlichkeitstest nach K.H. Hahlbrock (1953) dient der Prüfung des Hörverlustes in dB sowie der Prüfung der Wortverständlichkeit in Prozent. Standardisiert nach DIN 45 621, besteht er aus zehn Gruppen mit jeweils zehn zweistelligen Zahlen sowie aus zehn Gruppen mit jeweils 20–30 einsilbigen Worten [56]. Die Testanordnung und das Sprachmaterial sollen die Umgangssprache nachahmen. Durch eine entsprechende Zusammenstellung der Wörter ergibt jeweils eine Gruppe den mittleren Frequenzinhalt der deutschen Sprache wieder. Die Zahlen können aufgrund gleicher Wortstruktur, begrenzter Auswahl und höherer Redundanz leichter wiedererkannt werden als die Einsilber [76].

In unseren Versuchen wurde lediglich der Einsilbertest durchgeführt.

Versuchsdurchführung Freiburger Einsilbertest

Der FE wurde mit einem SSP von 65 dB durchgeführt. Dies entspricht der normalen Umgangssprache aus einer Meter Entfernung. Der Proband saß in einer Audiometrie-kabine, das normalhörende Ohr wurde präoperativ im CVK sowie postoperativ bei den Patienten, welche im HOP untersucht wurden, mit Ohrstöpseln und Hörschutzkapseln vertäubt. Zuvor wurde durch einen Selbstversuch sichergestellt, dass dies eine ausreichende Vertäubung darstellte und keine Einsilber mehr verstanden werden konnten.

Bei den Versuchsdurchführungen, welche postoperativ im CVK durchgeführt wurden, fand eine Direkteinspeisung in das CI statt. Ein Normalhörender versteht bei 65 dB 100 % der Einsilber. Je stärker die *Hypakusis* ausgeprägt ist, umso niedriger ist der Prozentsatz der richtig verstandenen Wörter. Hochgradig Schwerhörige verstehen bei einem SSP von 65 dB gar keine Einsilber mehr [56].

Der Patient wurde aufgefordert, die verstandenen Wörter zu wiederholen. Die richtig verstandenen Wörter wurden notiert und am Ende des Tests der Prozentsatz der richtig verstandenen Wörter errechnet. Durch die Eintragung der Werte in ein Sprachaudiogramm wurde der Diskriminationsverlust graphisch dargestellt.

3.2.1.2 Oldenburger Inventar Fragebogen

Anhand des Oldenburger Inventar (OI) kann die subjektive Selbsteinschätzung der Fähigkeit des Hörens quantitativ erhoben werden. Der Test beinhaltet zwölf Fragen über verschiedene, täglich vorkommende Hörsituationen, welche durch die Antwortmöglichkeiten „immer“, „oft“, „manchmal“, „selten“, „nie“ sowie „Die Situation kenne ich nicht“ beantwortet werden können. Die Fragen beziehen sich auf das Hören in Ruhe, im Störgeräusch sowie auf das Richtungshören. Zur Auswertung wird den verschiedenen Antwortmöglichkeiten eine Punktzahl von eins bis fünf zugeteilt. Die Gesamtauswertung wird durch das Aufaddieren der einzelnen Punkte errechnet, welche in Prozent umgerechnet werden kann. Je höher der Prozentsatz, umso besser ist das Hörvermögen in der jeweiligen Situation [77].

3.2.2 Fragebögen

Die Patienten unserer Studie füllten elf verschiedene Fragebögen aus, anhand welcher der Einfluss der *Cochlea-Implantat-Versorgung* auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität, die Entwicklung eines eventuell vorhandenen *Tinnitus* sowie das Stresserleben und dessen Bewältigungsstrategien analysiert werden konnten. Die Fragebögen wurden frühestens ein halbes Jahr nach der Erstanpassung von den Patienten ausgefüllt. Bei den Fragebögen handelte es sich sowohl um krankheitsspezifische wie auch um generische Instrumente der Lebensqualitätseinschätzung.

Die Einschätzung der Lebensqualität erfolgte anhand des krankheitsspezifischen Nijmegen Cochlear Implant Questionnaire (NCIQ) sowie dem generischen SF-36 und

einer subjektiven Einschätzung des Patienten selbst. Die subjektive Einschätzung des eigenen Hörvermögens erfolgte, wie zuvor beschrieben, mittels des OI. Außerdem wurden Fragebögen beantwortet, welche auf die aktuelle Stressbelastung, generalisierte Angststörungen und deren Bewältigungsstrategien abzielten. Dazu zählten der Perceived Stress Questionnaire, Orientations to Problems Experienced Scale Kurzform, Generalized Anxiety Disorder-7 und die Allgemeine Depressionsskala Langform. Die Erfassung einer eventuell bestehenden *Tinnitusbelastung* erfolgte anhand des Tinnitus-Fragebogen nach Goebel und Hiller. Alle Fragebögen sind Teil der Charité Testbatterie.

3.2.2.1 Demographische Daten

Es wurden folgende Daten erhoben: Schulabschluss, Berufsausbildung, Berufstätigkeit, häusliche Situation, Körperseite der Ertaubung und Ertaubungsdatum, Alter, bei welchem der Beginn einer *Hypakusis* subjektiv registriert wurde, sowie die Ursache der Ertaubung.

3.2.2.2 Einschätzung der Lebensqualität

Nijmegen Cochlear Implant Questionnaire

Der NCIQ wurde 2000 von Hinderink et al. als ein krankheitsspezifischer Fragebogen entwickelt, welcher die gesundheitsabhängige Qualität des Lebens von CI-Patienten widerspiegelt (health related quality of life, HRQOL). Der NCIQ dient als quantifizierbares und validierendes HRQOL-Selbsteinschätzungsinstrument, welches nicht nur die Fähigkeit des Hörens und des Sprachvermögens erfasst, sondern auch das Selbstwertgefühl, die täglichen Aktivitäten und die Sozialfähigkeit berücksichtigt.

Der Test wird in drei Hauptdomänen unterteilt, welche wiederum in sechs Untergruppen aufgeteilt werden [79]:

- Die physische Domäne
 - Elementare Schallwahrnehmung
 - Sprach- und Musikwahrnehmung
 - Kontrolle der eigenen Stimmqualität

- Die psychologische Domäne
 - Psychosoziale Folgen

- Die soziale Domäne
 - Aktivität
 - Soziale Interaktionen

Jede Untergruppe beinhaltet zehn Elemente, welche als eine Aussage formuliert sind. Diese Aussagen können anhand einer Skala, die mit „nie“, „selten“, „manchmal“, „oft“, „immer“ oder mit „nie“, „schwer“, „einigermaßen“, „gut“, „sehr gut“ von den Patienten beantwortet werden. Die Elemente werden gleichmäßig auf die beiden Skalen aufgeteilt. Wenn es dem Patienten nicht möglich ist, z.B. aufgrund von fehlender Erfahrung, die Frage zu beantworten, besteht noch die sechste Antwortmöglichkeit „keine Antwort“. Die Auswertung und Bewertung findet anhand eines Punktesystems statt, welches von Null bis 100 reicht [66, 77].

Außerdem wurden die Patienten unserer Studie nach der täglichen Tragedauer des CI befragt. Als Antwortmöglichkeiten bestanden: „unter 6 h“, „6–7 h“, „8–9 h“, „10–12 h“, „14–16 h“.

Medical Outcome Study Short Form Survey

Der SF-36 ist ein standardisiertes und validiertes, nicht-krankheitsspezifisches Mehrzweckinstrument, mit welchem krankheitsbezogene und chirurgische HRQOL-Daten erhoben werden können. Der Test beinhaltet 36 Elemente, welche auf acht Domänen aufgeteilt sind [78, 80]:

- Physische Funktionsfähigkeit (zehn Elemente)
- Funktionseinschränkungen aufgrund von physischen Problemen (vier Elemente)
- Soziale Funktionsfähigkeit (zwei Elemente)
- Körperliche Beschwerden (zwei Elemente)
- Allgemeiner Gesundheitszustand (fünf Elemente)
- Funktionseinschränkungen aufgrund von emotionalen Problemen (drei Elemente)
- Vitalität (vier Elemente)
- allgemeine Gesundheitsauffassung (fünf Elemente)

Die Anzahl der Antworten auf die verschiedenen Elemente variieren von zwei bis sechs Möglichkeiten. Die Auswertung aller Elemente erfolgt kodiert. Die Ergebnisse werden summiert und in eine Skala transformiert, welche von Null bis 100 reicht. Ein hoher

Wert spiegelt eine bessere Selbstwahrnehmung wider. Durch das standardisierte Punktesystem ist es möglich, eine Gesamtpunktzahl der physischen und mentalen Komponente zu generieren [78, 80].

3.2.2.3 Tinnitusentwicklung

Tinnitus-Fragebogen nach Goebel und Hiller

Der Tinnitus Questionnaire wurde ursprünglich von dem Psychologen Hallam et al. entwickelt und evaluiert, 1996 der Leitfaden publiziert. G. Goebel und W. Hiller übersetzten ihn später ins Deutsche [81]. Im Deutschen wird der TQ als Tinnitus-Fragebogen (TF) bezeichnet.

Es handelt sich um ein zuverlässiges und valides Testinstrument, welches eine quantifizierende und differenzierende Graduierung des psychosomatischen *Tinnituschweregrades* ermöglicht.

Der TF besteht aus insgesamt 52 Elementen, welche die typischen Beschwerden von Patienten mit chronischem *Tinnitus* repräsentieren. 40 dieser Elemente können auf sechs Domänen aufgeteilt werden [82]:

- Emotionale Belastung
- Kognitive Belastung
- Psychische (emotionale und kognitive) Belastung
- Penetranz des *Tinnitus*
- Hörprobleme
- Schlafstörungen
- Somatische Beschwerden

Die sechs Domänen können wiederum in einen TF-Gesamtscore (im folgenden TF Total) zusammengefasst werden, welcher die *Gesamtinnitusbelastung* widerspiegelt (siehe Tabelle 4). Die Elemente, welche in diesen Domänen nicht erfasst werden, dienen der Evaluierung der individuellen *Tinnitusbelastung* [23, 82, 83].

Tabelle 4: Einteilung des *Tinnitus*schweregrades nach Goebel und Hiller, modifiziert nach [23, 82].

Belastung durch Tinnitus	Schweregrad entspricht TF Total
Schweregrad 1 (kompensiert)	0–30 Punkte
Schweregrad 2 (kompensiert)	31–46 Punkte
Schweregrad 3 (dekompensiert)	47–59 Punkte
Schweregrad 4 (dekompensiert)	60–84 Punkte

3.2.2.4 Psychische Komorbiditäten

Perceived Stress Questionnaire

Der PSQ wurde 1993 von Levenstein et al. veröffentlicht. Der Fokus des Fragebogens wurde auf die subjektive Stressempfindung sowie die Stressbewältigung gelegt, um die individuelle Stressbelastung zu definieren [84, 85].

Der Test besteht aus 30 Elementen, welche auf die sieben Domänen „Beunruhigung“, „Überbelastung“, „Reizbarkeit“, „Mangel an Freude“, „Erschöpfung“, „Sorgen“ sowie „Anspannung“ aufgeteilt werden können. Die einzelnen Elemente können durch die vier Antwortmöglichkeiten „selten“, „manchmal“, „öfters“, „meistens“ beantwortet werden, dabei soll der Patient auf die vergangenen vier Wochen Bezug nehmen [84, 86].

In unseren Auswertungen wurden folgende Domänen mit einbezogen:

- Sorgen
- Anspannung
- Mangel an Freude
- Überbelastung
- Summe dieser Domänen

Dazu wurde den einzelnen Antwortmöglichkeiten eine Punktzahl von eins bis vier zugeteilt und anschließend durch Aufaddieren das Gesamtergebnis errechnet.

Orientations to Problems Experienced Scale Kurzform

Der Orientations to Problems Experienced Scale Kurzform (Brief-COPE) wurde 1997 von Carver veröffentlicht. Es handelt sich dabei um eine Kurzform des Fragebogens COPE [87]. Die Übersetzung ins Deutsche erfolgte 2002 durch Knoll [88].

Anhand des Fragebogens kann eingeschätzt werden, welche Strategien der Patient anwendet, um Stress zu bewältigen.

Der Fragebogen besteht aus 14 Domänen, welche jeweils durch zwei Elemente vertreten sind. Die einzelnen Elemente können durch die vier Antwortmöglichkeiten: „überhaupt nicht“, „ein bisschen“, „ziemlich“ und „sehr“ beantwortet werden [87].

Für unsere Studie werteten wir lediglich vier Hauptdomänen aus, welche 20 Elemente beinhalteten. Dabei handelt es sich um die Domänen „Evasive coping“, „Seeking support“, „Focus on positive“ und „Active coping“, die einbezogenen Elemente sind die Fragen 2,5,7–10,12–15,17,18,20–23 und 25–28.

Die Auswertung erfolgte durch das Aufaddieren der entsprechenden Antworten, welchen die Zahlenwerte eins bis vier zugeteilt wurden.

Generalized Anxiety Disorder-7

Der Generalized Anxiety Disorder-7 (GAD-7) wurde 2006 von Spitzer et al. publiziert und stützt sich auf das Modul „andere Angststörungen“ der ersten Version des Patient Health Questionnaire (PHS) [89].

Es handelt sich um ein Selbstaufkunftsinstrument, mit welchem es möglich ist, klinische Symptome der generalisierten Angststörung zu diagnostizieren [90].

Der Fragebogen beinhaltet sieben Elemente, welche mit den Antwortmöglichkeiten „überhaupt nicht“, „an einzelnen Tagen“, „an mehr als der Hälfte der Tage“ sowie „beinahe jeden Tag“ beantwortet werden können. Den verschiedenen Antwortmöglichkeiten wird der Zahlenwert 0–3 zugeteilt und anschließend durch Aufaddieren die Summe gebildet. Die Summe der Antworten dividiert durch sieben ergibt den Gesamtscore, welcher eine Einschätzung erlaubt, ob eine generalisierte Angststörung vorliegt und wie stark diese ausgeprägt ist [89]. Die Bewertung des Gesamtscores wird wie folgt eingeteilt [91]:

- Normal 0–4 Punkte
- Mild 5–9 Punkte
- Moderat 10–14 Punkte
- Schwer 15–21 Punkte

Allgemeine Depressionsskala

Die Allgemeine Depressionsskala (ADS) ist ein Selbstbeurteilungsinstrument, welches bei antidepressiv wirkenden Interventionen als Erfolgs- und Verlaufsmaß dienen kann. Durch die ADS wird die Beeinträchtigung durch körperliche Beschwerden, depressive Affekte, negative Denkmuster und motorische Hemmung im Vorhandensein und der Dauer erfragt. Die ADS wurde 1971 durch das Center for Epidemiologic Studies (CES) mit der ursprünglichen Bezeichnung CES-D entwickelt [92]. ADS bezeichnet die deutsche Version.

Die ADS liegt in einer Kurzform mit 15 Fragen (ADS-K) und einer Langform mit 20 Fragen (ADS-L) vor. In unserer Studie wurde die ADS-L angewandt.

Der Fragebogen besteht aus 20 Elementen, welche in Form von Aussagen formuliert sind. Sie erfragen folgende depressive Symptome: Verunsicherung, Erschöpfung, Hoffnungslosigkeit, Selbstabwertung, Niedergeschlagenheit, Einsamkeit, Traurigkeit, Antriebslosigkeit, Weinen, Rückzug, Angst [93, 94].

Die Aussagen können jeweils durch die Antwortmöglichkeiten „selten“ (weniger als einen Tag), „manchmal“ (ein bis zwei Tage), „öfters“ (drei bis vier Tage) oder „meistens“ (fünf und mehr Tage lang) beantwortet werden. Zur Auswertung werden den Antworten die Zahlenwerte 0–3 zugeordnet und zur anschließenden Gesamtauswertung, nach der Umpolung der Werte der Fragen vier, acht und zwölf aufaddiert.

Der Summenwert kann mit folgenden Normwerten verglichen werden (modifiziert nach Hautzinger und Bailer (1993)) [94]:

- < 17 Punkte (Frauen: 16, Männer: 14) Gesunde/unauffällige Patienten
- 18–22 Punkte Somatoforme Störungen, Angstpatienten
- 23 Punkte (ADS-K 18 Punkte) Kritischer Wert
- > 27 Punkte Depressive Patienten

3.3 Statistische Grundlagen & Datenauswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mittels des Statistikprogrammes „STATISTICA“ 7.1 (Copyright© StatSoft Inc., 1984-2005, Tulsa, Oklahoma).

Zur Veranschaulichung der Verteilung der erhobenen deskriptiven Analyse (die postoperative Tragedauer des CI) diente ein Säulendiagramm. Für die metrischen Variablen wurden der Mittelwert sowie die Standardabweichung berechnet. Die Standardabweichung dient zur Einschätzung der Streuung als Dispersionsmaß. Die Prüfung der Variablen auf statistische Verteilungsparameter und auf ihre Datenqualität fand vor den Analysen statt. Die Prüfungen ergaben, dass die Voraussetzungen für parametrische Tests nicht erfüllt wurden. Daher wurden ausschließlich nichtparametrische Methoden eingesetzt. Inferenzstatistische Verfahren (Wilcoxon Test sowie der Spearman- ρ -Test) dienten zur Überprüfung der Hypothesen. Nach der allgemeinen methodischen Konvention wurde ein α -Niveau (auch bezeichnet als Fehler 1. Art) von 5 % festgelegt. Als Nullhypothese wurde die Annahme gewählt, dass zwischen den verglichenen Parametern kein Zusammenhang besteht. Der empirische p-Wert wurde durch eine adäquate Teststatistik ermittelt. Hierdurch wurde die Wahrscheinlichkeit widerspiegelt, mit welcher das vorliegende Ergebnis erreicht wird. Als Evidenz für die Alternativhypothese wurde ein Signifikanzniveau von ≤ 95 % bzw. $p \leq 0,05$ und von ≤ 99 % bzw. $p \leq 0,001$ angegeben.

Der Wilcoxon Test (auch U-Test nach Mann-Whitney oder Mann-Whitney-Test genannt) diente der Prüfung der Unterschiede zwischen den prä- und postoperativen Werten. Durch den Vergleich mit einem kritischen Wert konnte der p-Wert (die Signifikanz) errechnet werden.

Mit der Rangkorrelation nach Spearman wurde der Zusammenhang zwischen dem Sprachverstehen (OI) und der Lebensqualität (NCIQ) sowie zwischen einer vorliegenden generalisierten Angststörung (GAD-7) und *Tinnitusbelastung* (TF Total) geprüft. Der Zusammenhang wird durch den Korrelationskoeffizienten ρ quantifiziert. Durch den Vergleich des Korrelationskoeffizienten ρ mit einem kritischen Wert konnte der p-Wert (die Signifikanz) errechnet werden.

4 Ergebnisse

4.1 Die Patientenkohorte

An der Studie nahmen insgesamt 20 Patienten teil. Davon waren 13 weiblichen Geschlechts und sieben männlichen Geschlechts. Damit betrug das Verhältnis von Frauen zu Männern 1,9:1.

Alle Patienten wurden zwischen 2010 und 2012 im UKB und am CVK mit einem Multichannel CI versorgt. 16 der Teilnehmer wurden mit einem CI der Firma „Cochlear“ versorgt, vier Teilnehmer mit einem CI der Firma „MED-EL“. Das Verhältnis von CI der Firma „Cochlear“ zu der Firma „MED-EL“ betrug damit 4:1.

Altersverteilung

Das durchschnittliche Alter zum Zeitpunkt der Befragung lag mit einer Standardabweichung von 17,35 Jahren bei 56,97 Jahren. Das Alter variierte von 21,54 bis 80,62 Jahren.

Ertaubungsdauer

Alle Patienten erlaubten postlingual.

Die Zeitspanne zwischen der Ertaubung und der Versorgung mittels eines CI betrug im Durchschnitt 4,76 Jahre. Die Zeitspanne variierte von 0,3 bis 26,9 Jahren (die Standardabweichung betrug 7,74 Jahre).

Zeit seit Erstanpassung

Die Zeit seit Erstanpassung betrug im Durchschnitt 1,53 Jahre. Die Zeitspanne variierte von 0,5 bis 3,3 Jahren (die Standardabweichung betrug 0,92 Jahre).

4.2 Das Sprachverstehen - Ergebnisse der audiometrischen Untersuchungen und des Oldenburger Inventars

4.2.1 OLSA: Vergleich mit und ohne CI

0° bei Ruhe Vergleich mit und ohne CI

Insgesamt verbesserten sich 13 und verschlechterten sich sechs Patienten nach *Cochlea-Implantat-Versorgung*. Bei einem Patienten änderte sich das Ergebnis nicht.

Die ermittelte Sprachverständlichkeitsschwelle bei einem Wortverständnis von 50 % betrug bei der mit CI versorgten Situation im Mittel -3,97. Die Spanne lag zwischen -6,6 als Minimum und -1,2 als Maximum bei einer Standardabweichung von 1,47.

Die ermittelte Sprachverständlichkeitsschwelle bei einem Wortverständnis von 50 % betrug bei der unversorgten Situation im Mittel -3,68. Die Spanne lag zwischen -6,1 als Minimum und -0,55 als Maximum bei einer Standardabweichung von 1,65.

Daraus ergab sich eine nicht signifikante Differenz von 0,29 im Mittel, mit einer Spanne von -0,5 als Minimum bis 0,65 als Maximum, bei einer Standardabweichung von 0,65.

Tabelle 5 stellt die aufgeführten Werte tabellarisch dar.

Tabelle 5: OLSA Ergebnisse 0° bei Ruhe mit und ohne CI. n = 20

	Mittelwert	Minimum	Maximum	p-Wert
Mit CI	-3,97 (1,47)	-6,6	-1,2	
Ohne CI	-3,68 (1,65)	-6,1	-0,55	
Differenz	0,29 (0,18)	0,5	0,65	0,107464

Angegeben sind der Mittelwert und die Standardabweichung

+45°/-45° Sprache gesundes Ohr, Störgeräusch CI-Ohr Vergleich mit und ohne CI

Insgesamt verbesserten sich fünf und verschlechterten sich sechs Patienten nach *Cochlea-Implantat-Versorgung*.

Die ermittelte Sprachverständlichkeitsschwelle bei einem Wortverständnis von 50 % betrug bei der mit CI versorgten Situation im Mittel -11,6. Die Spanne lag zwischen -14,52 als Minimum und -8,4 als Maximum bei einer Standardabweichung von 2,08.

Die ermittelte Sprachverständlichkeitsschwelle bei einem Wortverständnis von 50 % betrug bei der unversorgten Situation im Mittel -11,9. Die Spanne lag zwischen -14,0 als Minimum und -9,1 als Maximum, bei einer Standardabweichung von 1,62.

Daraus ergab sich eine nicht signifikante Differenz von -0,3 im Mittel, mit einer Spanne von 0,52 als Minimum bis -0,7 als Maximum bei einer Standardabweichung von -0,46.

Tabelle 6 stellt die aufgeführten Werte tabellarisch dar.

Tabelle 6: OLSA Ergebnisse +45°/-45° Sprache gesundes Ohr, Störgeräusch CI-Ohr mit und ohne CI. n = 11

	Mittelwert	Minimum	Maximum	p-Wert
Mit CI	-11,6 (2,08)	-14,52	-8,4	
Ohne CI	-11,9 (1,62)	-14,0	-9,1	
Differenz	-0,3 (-0,46)	0,52	-0,7	0,476907

Angegeben sind der Mittelwert und die Standardabweichung

+45°/-45° Sprache CI-Ohr, Störgeräusch gesundes Ohr Vergleich mit und ohne CI

Die Sprachverständlichkeitsschwelle verbesserte sich bei der mit CI versorgten Situation. Insgesamt verbesserten sich 19 und verschlechterte sich ein Patient nach *Cochlea-Implantat-Versorgung*.

Die ermittelte Sprachverständlichkeitsschwelle bei einem Wortverständnis von 50 % betrug bei der mit CI versorgten Situation im Mittel -1,76. Die Spanne lag zwischen -5,95 als Minimum und 5,8 als Maximum, bei einer Standardabweichung von 2,83.

Die ermittelte Sprachverständlichkeitsschwelle bei einem Wortverständnis von 50 % betrug bei der unversorgten Situation im Mittel 0,43. Die Spanne lag zwischen -4,2 als Minimum und 4,3 als Maximum, bei einer Standardabweichung von 2,3.

Daraus ergab sich eine signifikante Differenz von 2,19 im Mittel, mit einer Spanne von 1,75 als Minimum bis 1,5 als Maximum, bei einer Standardabweichung von 0,53. Das Signifikanzniveau lag bei $\leq 95\%$.

Tabelle 7 stellt die aufgeführten Werte tabellarisch dar.

Tabelle 7: OLSA Ergebnisse +45°/-45° Sprache CI-Ohr, Störgeräusch gesundes Ohr mit und ohne CI. n = 20

	Mittelwert	Minimum	Maximum	p-Wert
Mit CI	-1,76 (2,83)	-5,95	5,8	
Ohne CI	0,43 (2,3)	-4,2	4,3	
Differenz	2,19 (0,53)	1,75	1,5	0,002071*

Angegeben sind der Mittelwert und die Standardabweichung

* = signifikanter Unterschied $\leq 95\%$ Niveau ($p \leq 0,05$)

4.2.2 Freiburger Einsilbertest: Vergleich prä- und postoperativ bei n = 11 sowie postoperative Werte der Gesamtkohorte

Die Sprachverständlichkeit verbesserte sich durch die Versorgung mit einem CI signifikant.

Bei den elf Patienten, welche im CVK implantiert wurden, betrug die Sprachverständlichkeit postoperativ bei einem SSP von 65 dB bei Direkteinspeisung in das CI im Mittel 46,36 mit einer Spanne von zehn als Minimum und 85 als Maximum. Die Standardabweichung betrug 22,79.

Die Sprachverständlichkeit betrug präoperativ bei Vertäubung des normalhörenden Ohres im Mittel 2,73, mit einer Spanne von null als Minimum und 20,0 als Maximum. Die Standardabweichung betrug 6,47.

Daraus ergab sich eine signifikante Differenz von 43,63 im Mittel, mit einer Spanne von zehn als Minimum bis 65,0 als Maximum. Das Signifikanzniveau lag bei $\leq 95\%$.

Mit CI betrug die Sprachverständlichkeit der Gesamtkohorte (n=20) bei einem SSP von 65 dB bei Vertäubung des normal hörenden Ohres im Mittel 48,25 mit einer Spanne von zehn als Minimum und 85,0 als Maximum. Die Standardabweichung betrug 22,79.

Ohne Vertäubung des Gegenohres betrug die Sprachverständlichkeit bei der unversorgten Situation 100 %.

Tabelle 8 und 9 stellen die beschriebenen Werte bei Vertäubung des normalhörenden Ohres tabellarisch dar.

Tabelle 8: FE Ergebnisse Vergleich prä- und postoperativ. n = 11

	Mittelwert	Minimum	Maximum	p-Wert
Mit CI	46,36 (22,79)	10,0	85,0	
Ohne CI	2,73 (6,47)	0,0	20,0	
Differenz	43,63	10,0	65,0	0,003346*

Angegeben sind der Mittelwert * = signifikanter Unterschied $\leq 95\%$ Niveau ($p \leq 0,05$)

Tabelle 9: FE Ergebnis mit CI n = 20

Mittelwert	Minimum	Maximum
48,25 (22,54)	10,0	85,0

Angegeben sind der Mittelwert und die Standardabweichung

4.2.3 OI mit und ohne CI

Das Hörvermögen der Patienten wurde durch die Versorgung mittels eines CI verbessert. In den Domänen „Hören im Störgeräusch“ und „Richtungshören“ konnte im Vergleich der prä- und postoperativen Werte ein signifikanter bzw. hochsignifikanter Unterschied verzeichnet werden. Das Signifikanzniveau betrug $\leq 95\%$ und $\leq 99,9\%$. Die Domäne „Hören in Ruhe“ sowie der Gesamtscore verbesserten sich nicht signifikant.

Tabelle 10 stellt die Mittelwerte, Standardabweichungen, sowie den p-Wert der unterschiedlichen Bereiche und des Gesamtscores prä- und postoperativ tabellarisch dar.

Tabelle 10: OI Ergebnisse Vergleich prä- und postoperativ. n = 20

Situationen	ohne CI	mit CI	p-Wert
Hören in Ruhe	3,46 (0,93)	3,65 (1,16)	0,197834
Hören im Störgeräusch	2,46 (1,0)	3,09 (1,01)	0,018565*
Richtungshören	1,95 (1,04)	3,26 (1,01)	0,000201**
Gesamtscore	2,78 (0,88)	3,32 (1,10)	0,107467

Angegeben sind der Mittelwert und die Standardabweichung

* = signifikanter Unterschied ≤ 95 % Niveau ($p \leq 0,05$), ** = signifikanter Unterschied Niveau $\leq 99,99$ % ($p \leq 0,001$)

4.3 Ergebnisse der Fragebögen

4.3.1 Beurteilung der Lebensqualität

NCIQ Vergleich präoperativ und postoperativ

Nach *Cochlea-Implantation* wies der NCIQ eine hochsignifikante Verbesserung auf. Es wurde ein postoperativer Anstieg des Mittelwertes des NCIQ Total von 63,83 auf 73,85 errechnet. Das Signifikanzniveau betrug $\leq 99,99$ %.

Ebenfalls wiesen die Subdomänen „Elementare Schallwahrnehmung“, „Sprach- und Musikwahrnehmung“, „Psychosoziale Folgen“ und „Aktivität“ postoperativ eine signifikante Verbesserung auf. Das Signifikanzniveau betrug jeweils ≤ 95 %.

Tabelle 11 stellt die errechneten Mittelwerte und Standardabweichungen sowie den p-Wert der einzelnen Subdomänen und des NCIQ Total dar.

Tabelle 11: NCIQ Ergebnisse Vergleich prä- und postoperativ. n = 20

NCIQ Score	Präoperativ	Postoperativ	p-Wert
Elementare Schallwahrnehmung	62,91 (16,88)	78,86 (29,35)	0,002853*
Sprach- und Musikwahrnehmung	72,17 (12,07)	80,35 (9,18)	0,001847*
Kontrolle der eigenen Stimme	80,63 (16,72)	87,24 (10,9)	0,050969
Psychosoziale Folgen	54,15 (16,86)	64,89 (16,86)	0,007013*
Aktivität	51,96 (19,20)	65,19 (19,88)	0,006425*
Soziale Interaktionen	57,98 (18,48)	64,34 (18,64)	0,053407
Total	63,83 (13,8)	73,85 (10,67)	0,0007892**

Angegeben sind der Mittelwert und die Standardabweichung

* = signifikanter Unterschied ≤ 95 % Niveau ($p \leq 0,05$), ** = signifikanter Unterschied Niveau $\leq 99,99$ % ($p \leq 0,001$)

SF-36 Vergleich präoperativ und postoperativ

Der SF-36 wies lediglich in einer Dimension eine signifikante Verbesserung auf. Dabei handelte es sich, mit $p = 0,027977$, um die Domäne „Vitalität“. Der berechnete Mittelwert wies einen postoperativen Anstieg von 55,53 auf 64,0 auf und lag damit signifikant höher als präoperativ. Das Signifikanzniveau betrug ≤ 95 %. Alle anderen Dimensionen wiesen keine signifikante Verbesserung auf. In den Domänen „Körperliche Funktionsfähigkeit“, „Körperliche Rollenfunktion“, „Körperliche Schmerzen“, „Gesundheitsveränderung“ und „Körperliche Summenskala“ wurde, wenn auch nicht signifikant, ein Abfall der Werte registriert, was eine Verschlechterung bedeutet.

Tabelle 12 stellt die Mittelwerte und den p-Wert der einzelnen Dimensionen sowie der beiden Summenskalen dar.

Die Summe der Patienten differiert in den einzelnen Dimensionen, da ein Patient nicht alle Fragen beantwortet hat.

Tabelle 12: SF-36 Ergebnisse Vergleich prä- und postoperativ. n differieren

Dimensionen	Päoperativ	Postoperativ	p-Wert
Körperliche Funktionsfähigkeit n=20	82,5 (24,89)	79,25 (20,41)	0,587170
Körperliche Rollenfunktion n=19	67,10 (40,01)	66,25 (43,13)	0,888638
Körperliche Schmerzen n=20	86,85 (15,72)	78,0 (24,89)	0,195540
Allgemeine Gesundheitswahrnehmung n=19	63,92 (17,28)	67,2 (18,43)	0,320256
Vitalität n=19	55,53 (22,67)	64,0 (19,3)	0,027977*
Soziale Funktionsfähigkeit n=20	76,25 (25,64)	82,5 (21,99)	0,414447
Emotionale Rollenfunktion n=20	70,83 (38,19)	80,0 (38,08)	0,172956
Psychisches Wohlbefinden n=19	67,58 (15,94)	70,4 (19,66)	0,624835
Gesundheitsveränderung n=19	2,95 (0,70)	2,7 (1,13)	0,247747
Körperliche Summenskala n=19	50,43 (8,26)	47,85 (9,85)	0,214538
Psychische Summenskala n=19	44,98 (11,35)	49,31 (13,98)	0,112780

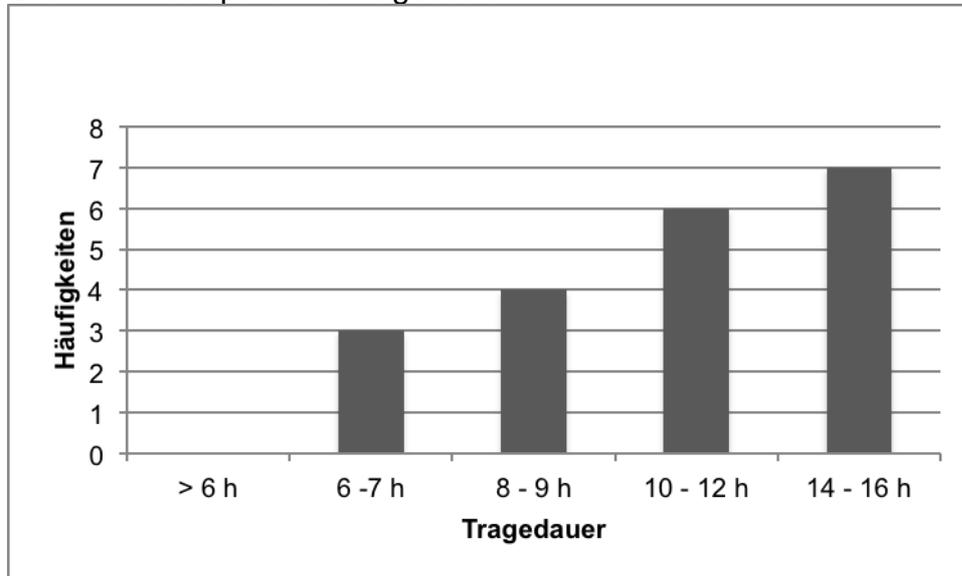
Angegeben sind der Mittelwert und die Standardabweichung

* = signifikanter Unterschied $\leq 95\%$ Niveau ($p \leq 0,05$)

Postoperative Tragedauer

Die folgende Grafik stellt die Tragedauer des CI graphisch dar. Keiner der befragten Patienten trug sein CI täglich unter sechs Stunden. Drei Patienten trugen das CI täglich sechs bis sieben Stunden, vier Patienten acht bis neun Stunden, sechs Patienten zehn bis zwölf Stunden und sieben Patienten 14 bis 16 Stunden.

Grafik 1: Postoperative Tragedauer



4.3.2 Beurteilung der Tinnitusentwicklung

TF Vergleich präoperativ und postoperativ

Von den 20 Patienten gaben präoperativ drei Patienten an, unter keinem *Tinnitus* zu leiden. Diese Patienten wurden ebenfalls in die Auswertung mit einbezogen. Postoperativ verdoppelte sich die Anzahl der Patienten ohne *Tinnitus* von drei auf sechs. Sowohl prä- als auch postoperativ litten die Patienten mit *Tinnitus* im Mittel unter einem kompensierten *Tinnitus* Grad I. In den Domänen „Emotionale Belastung“, „Penetranz des Tinnitus“, „Hörprobleme“ und in dem TF Total konnte postoperativ eine signifikante Verbesserung mit einem Signifikanzniveau von jeweils $\leq 95\%$ verzeichnet werden. Die einzelnen Daten werden in Tabelle 13 dargestellt.

Tabelle 13: TF Ergebnisse Vergleich prä- und postoperativ. n = 20

	Präoperativ	Postoperativ	p-Wert
Emotionale Belastung	5,9 (6,0)	4,25 (5,46)	0,027709*
Kognitive Belastung	3,6 (4,04)	2,4 (3,27)	0,162674
Psychische (emotionale und kognitive) Belastung	9,5 (9,69)	6,65 (8,5)	0,052493
Penetranz des Tinnitus	5,55 (4,73)	3,7 (4,1)	0,025844*
Hörprobleme	4,15 (4,33)	1,95 (2,32)	0,011279*
Schlafstörungen	1,45 (2,35)	1,25 (2,27)	0,575403
Somatische Beschwerden	0,80 (1,36)	1,15 (2,06)	0,553617
TF Total	21,45 (19,52)	14,7 (17,8)	0,027977*

Angegeben sind der Mittelwert und die Standardabweichung

* = signifikanter Unterschied \leq 95 % Niveau ($p \leq 0,05$)

4.3.3 Beurteilung der psychischen Komorbiditäten

PSQ Vergleich präoperativ und postoperativ

Das Stressempfinden wurde durch die Patienten postoperativ nicht anders eingeschätzt als präoperativ. Zwar konnte in den Domänen „Anspannung“ und „Anforderung“ sowie dem PSQ Total eine positive Veränderung registriert werden, jedoch erreichte diese keine Signifikanz. Der Wert der Domäne „Freude“ änderte sich postoperativ nicht. Die Domäne „Sorgen“ verzeichnete eine Verschlechterung, jedoch war auch diese nicht signifikant. Die einzelnen Daten werden in Tabelle 14 dargestellt.

Tabelle 14: PSQ Ergebnisse Vergleich prä- und postoperativ. n = 20

	Präoperativ	Postoperativ	p-Wert
Sorgen	0,25 (0,29)	0,27 (0,34)	0,900086
Anspannung	0,37 (0,29)	0,31 (0,25)	0,349103
Freude	0,65 (0,26)	0,65 (0,30)	0,935852
Anforderung	0,30 (0,28)	0,27 (0,24)	0,732307
Total	0,31 (0,23)	0,29 (0,22)	0,654159

Angegeben sind der Mittelwert und die Standardabweichung

Brief-COPE Vergleich präoperativ und postoperativ

Im Vergleich der prä- und postoperativ ausgefüllten Fragebögen konnte in den Domänen „Evasive coping“, „Seeking support“ und „Active coping“ ein Abfall der Werte verzeichnet werden. Dieses stellte eine positive Entwicklung dar. Der Wert der Domäne „Focus on positive“ blieb gleich. Allerdings konnte in dem Vergleich keine Signifikanz registriert werden. Die einzelnen Daten werden in Tabelle 15 dargestellt.

Tabelle 15: Brief-COPE Ergebnisse Vergleich prä- und postoperativ. n = 20

Hauptdomänen	Präoperativ	Postoperativ	p-Wert
Evasive coping	11,05 (4,6)	9,25 (2,4)	0,315175
Seeking support	12,05 (2,86)	11,65 (3,88)	0,679073
Focus on positive	13,45 (4,05)	13,45 (4,16)	0,958761
Active coping	11,42 (5,8)	9,7 (3,33)	0,214603

Angegeben sind der Mittelwert und die Standardabweichung

GAD-7 Vergleich präoperativ und postoperativ

Präoperativ lag im Mittel eine milde generalisierte Angststörung vor. Postoperativ konnte ein Abfall verzeichnet werden, welcher mit einem Zahlenwert von 3,85 eine Normalisierung widerspiegelte. Der Unterschied war mit $p = 0,028009$ signifikant. Die einzelnen Daten werden in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 16: GAD-7 Ergebnisse Vergleich prä- und postoperativ. $n = 20$

Präoperativ	Postoperativ	p-Wert
5,15 (4,04)	3,85 (3,87)	0,028009*

Angegeben sind der Mittelwert und die Standardabweichung

* = signifikanter Unterschied $\leq 95\%$ Niveau ($p \leq 0,05$)

ADS-L Vergleich präoperativ und postoperativ

Laut den Werten des ADS-L waren die Patienten als nicht depressiv einzustufen. Ein Erfolg im Sinne einer positiven Auswirkung des CI auf eine depressive Erkrankung konnte daher nicht festgestellt werden. Postoperativ fiel der Wert ab, welches eine positive Entwicklung darstellte, jedoch zeigte diese keine Signifikanz. Die einzelnen Daten werden in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 17: ADS-L Ergebnisse Vergleich prä- und postoperativ. $n = 20$

Präoperativ	Postoperativ	p-Wert
10,55 (9,92)	9,9 (9,26)	0,601250

Angegeben sind der Mittelwert und die Standardabweichung

4.4 Korrelationen

Eventuell bestehende Zusammenhänge wurden bei allen erhobenen Parametern untereinander untersucht. Aufgeführt werden jedoch nur die Vergleiche, welche eine signifikante Korrelation aufwiesen. Alle anderen untersuchten Vergleiche wiesen entweder keine oder keine relevanten Signifikanzen auf.

4.4.1 Korrelation von Sprachverstehen und Lebensqualität

Korrelation von OI und NCIQ Total

Der Vergleich des OI und NCIQ Total zeigte deutlich, dass präoperativ eine hochsignifikante Korrelation ($\rho = 0,000120$) zwischen dem Sprachverstehen und der Lebensqualität bestand. Die Ergebnisse des Vergleiches aller Hörsituationen und des TF Total waren mit einem p-Wert von $\leq 0,05$ (Richtungshören) und einem p-Wert von $\leq 0,001$ (Hören in Ruhe, Hören im Störgeräusch, Gesamtscore) signifikant bzw. hochsignifikant. Je besser das Hören in Ruhe und im Störgeräusch war und je besser das Richtungshören war, umso höher wurde die Lebensqualität eingeschätzt.

Postoperativ konnte eine starke positive Korrelation zwischen dem Richtungshören und dem NCIQ Total festgestellt werden. Die Korrelation war mit $p = 0,001739$ signifikant. Die anderen Hörsituationen und der Gesamtscore wiesen keine signifikanten Korrelationen zur Lebensqualität auf. Jedoch bestand mit $\rho = 0,39$ (Hören in Ruhe und im Störgeräusch) und mit $\rho = 0,38$ (Gesamtscore) eine mittlere positive Korrelation. Die einzelnen Daten werden in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 18: Korrelation von OI und NCIQ Total. $n = 20$

	Korrelationskoeffizient ρ	p-Wert	Korrelationskoeffizient ρ	p-Wert
	Präoperativ		Postoperativ	
Oldenburger Inventar	NCIQ Total			
Hören in Ruhe	0,75	0,000141**	0,39	0,087109
Hören im Störgeräusch	0,71	0,000516**	0,39	0,093213
Richtungshören	0,56	0,010118*	0,65	0,001739*
Gesamtscore	0,75	0,000120**	0,38	0,101791

* = signifikanter Unterschied ≤ 95 % Niveau ($p \leq 0,05$), ** = signifikanter Unterschied Niveau $\leq 99,99$ % ($p \leq 0,001$)

4.5 Korrelation psychischer Komorbidität und Tinnitusbelastung

Korrelation von GAD-7 und TF Total

Um den Zusammenhang zwischen einer generalisierten Angststörung und der *Tinnitusbelastung* aufzuzeichnen, wurden die prä- und postoperativen Ergebnisse des GAD-7 und TF Total miteinander verglichen. Im Gegensatz zu den postoperativen Ergebnissen bestand präoperativ mit $p = 0,034144$ ein signifikanter Zusammenhang. Je höher die *Tinnitusbelastung* war, umso stärker ausgeprägt war die generalisierte Angststörung. Die einzelnen Daten werden in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 19: Korrelation von GAD-7 und TF Total. $n = 20$

	Korrelationskoeffizient ρ	p-Wert	Korrelationskoeffizient ρ	p-Wert
	Präoperativ		Postoperativ	
GAD-7 / TF Total	0,48	0,034144*	0,32	0,171097

* = signifikanter Unterschied ≤ 95 % Niveau ($p \leq 0,05$)

5 Diskussion

Binaurales Hören ist dem monoauralen Hören in vielerlei Hinsicht überlegen. Zum einen sind die Hörqualität und das Richtungshören sehr viel besser, zum anderen hat das monoaurale Hören einen negativen Einfluss auf die Lebensqualität und soziale Kompetenz [27, 30, 77]. Betroffene schildern zudem eine kürzere Hörausdauer in geräuschvoller Kulisse. Dies führt bei den betroffenen Patienten zu einem Behandlungswunsch.

Die Standardversorgung der unter SSD leidenden Patienten stellt zurzeit das CROS-HG oder die BAHA dar. Jedoch ermöglichen diese kein echtes binaurales Hören. Die auf der ertaubten Seite auftretenden Geräusche werden bei der CROS-HG Versorgung durch Aufnahme über ein Mikrofon auf die gesunde Seite weitergeleitet, bei der BAHA durch Knochenleitung auf das gesunde Ohr übertragen. Der Normalzustand eines gesunden Menschen, durch Luftleitung zu hören, wird und kann nicht simuliert werden. Durch die Umleitung von Störgeräuschen von der ertaubten Seite auf die normalhörende Seite erweisen sich das CROS-HG und BAHA in bestimmten Situationen sogar als nachteilig. Dies wird durch die niedrige Akzeptanzrate von 40 bis 80 % widerspiegelt [26, 27, 30].

Das CI stellt eine Wiederherstellung der verlorenen Hörfunktion dar und unterscheidet sich damit grundsätzlich von dem CROS-HG oder der BAHA.

In der Leitlinie der DGHNOKHC von 2012 heißt es: „Für Cochlea-Implantat-Versorgungen kommen Patienten in Frage, bei denen mit Cochlea-Implantaten ein besseres Hören und Sprachverstehen als mit Hörgeräten absehbar zu erreichen sein wird.“ Weiter heißt es: „Eine weitere Indikation besteht bei einseitiger Hörstörung mit CI-Indikationen mit und ohne Tinnitus und erheblicher Einschränkung der Lebensqualität (van de Heyning et al. (2008) und Arndt et al. (2011))“ [55].

Das CI muss nach den vorliegenden Forschungsergebnissen und den Ergebnissen von anderen, bereits bestehenden Studien als Versorgung erster Wahl bei SSD angesehen werden [26–28, 30, 31, 39, 69, 95–97].

Um die erhebliche Einschränkung der Lebensqualität durch eine SSD beweisen zu können und um den Einfluss der *Cochlea-Implantat-Versorgung* als Gesamtes beurteilen können, ist es notwendig, neben audiometrischen Parametern auch Daten zur

Stress- und *Tinnitusbelastung*, der Lebensqualität, eventuell auftretenden Angst- und depressiven Symptomatiken sowie Bewältigungsstrategien zu erheben und in Korrelation zueinander zu stellen.

Die meisten der bisher bestehenden Studien zur *Cochlea-Implantat-Versorgung* bei SSD erhoben hauptsächlich ausschließlich audiometrische Parameter. Nur wenige Studien bezogen auch Untersuchungen zu Stress- und *Tinnitusbelastung*, der Lebensqualität, eventuell auftretenden Angst- und depressiven Symptomatiken sowie Bewältigungsstrategien und deren Korrelation zueinander mit ein. Der „Review“ von Alice van Zon et al. (2015) fasste alle bisherigen Studien zusammen, welche die Auswirkung einer *Cochlea-Implantat-Versorgung* auf das Sprachverstehen, Lokalisationsvermögen, einen eventuell bestehenden *Tinnitus* und die Lebensqualität untersucht haben. Von 781 Artikeln eigneten sich 15, welche die Kriterien erfüllten. Von diesen 15 Artikeln schieden drei aufgrund einer zu geringen Patientenzahl und drei aufgrund von einem hohen Risiko an Verzerrung aufgrund von unvollständigen Daten aus [64].

Von den neun restlichen Studien erhoben lediglich die Studien von Arndt et al. (2011) und Távora-Vieira et al. (2013) Statistiken zu fast allen Interessensschwerpunkten dieser Arbeit: dem Einfluss einer *Cochlea-Implantat-Versorgung* auf das Sprachverstehen, den Einfluss auf einen eventuell bestehenden *Tinnitus* und die Lebensqualität [26, 30, 31]. Buechner et al. (2010) untersuchten den Einfluss auf die Sprachverständlichkeit und *Tinnitus*, Firszt et al. (2012) und Vermeire et al. (2009) auf die Sprachverständlichkeit und die Lebensqualität [27, 95, 96]. Punte et al. (2013), Mertens et al. (2013) und Van de Heyning et al. (2008) untersuchten lediglich den Einfluss auf einen bestehenden *Tinnitus* [39, 69, 97]. Jacob et al. (2011) untersuchten ausschließlich den Zusammenhang mit dem Sprachverstehen [28].

Keine der neun Studien befasste sich mit dem Einfluss auf eventuell bestehende psychische *Komorbiditäten*.

Die Studien von Olze et al. (2011, 2012) erhoben zwar ebenfalls Statistiken zu allen in dieser Studie genannten und untersuchten Interessensschwerpunkten, jedoch war keine der Studien auf SSD spezifiziert [98–100].

Die vorliegende Studie wurde durchgeführt, um eine komplexe Einschätzung der *Cochlea-Implantat-Versorgung* auf SSD treffen zu können. Außerdem sollte durch die Test-

durchführung mittels der CTB eine standardisierte Kombination einzelner Tests gegeben werden. Die Bedeutung dessen wird unter Kapitel 5.4.3 näher erläutert.

5.1 Das Sprachverstehen - Ergebnisse der audiometrischen Untersuchungen und des Oldenburger Inventars

5.1.1 Veränderung des Oldenburger Satztests

Die Bedeutung des binauralen Hörens sowie die drei Effekte Summations-Effekt, Kopfschatten-Effekt und Squelch-Effekt, welche das Sprachverstehen in der binauralen Situation wesentlich beeinflussen, wurden bereits erläutert.

Nun gilt es zu klären, inwiefern die Versorgung mittels eines CI eine binaurale Situation und die damit entstehenden Effekte simulieren kann und sich so positiv auf das Sprachverstehen auswirkt. Dies kann mittels drei verschiedener Testanordnungen des OLSA ermittelt werden.

Die Konfiguration Sprache und Störgeräusch von vorn (S0N0) repräsentiert den Summations-Effekt. Sprache von der ertaubten bzw. CI-Seite und Störgeräusch von der hörenden Seite (SciNnh) repräsentiert den Kopfschatten-Effekt und der Squelch-Effekt wird durch die Konfiguration Sprache von der hörenden Seite, Störgeräusch von der ertaubten bzw. CI-Seite (SnhNci) repräsentiert.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie ähneln denen von vergleichbaren Studien [26–28, 30].

Ein aus der *Cochlea-Implantat-Versorgung* entstehender Summations-Effekt konnte mit einer Differenz von 0,29 dB in der Konfiguration S0N0 nicht signifikant nachgewiesen werden. Dieses resultierte aus der noch guten Hörfähigkeit des anderen Ohres, welches in einer solchen Situation die Ertaubung des anderen Ohres ausgleichen konnte. Deshalb wichen die Resultate ohne CI kaum von den Resultaten mit CI ab. Dieses Ergebnis korreliert mit den Ergebnissen der Studien von Arndt et al. (2011) und Vermeire (2009). Die Vermutung, dass dieses Ergebnis durch die gute Hörfähigkeit des normalhörenden Ohres hervorgerufen wurde, wird durch Studien, welche sich mit *Cochlea-Implantat-Versorgung* bei bilateral ertaubten Patienten beschäftigen, bestätigt. Diese

wiesen einen signifikanten Summations-Effekt nach bilateraler *Cochlea-Implantat-Versorgung* auf [101–104].

In der Konfiguration SciNnh konnte mit einer Differenz von 2,19 dB im Vergleich ohne und mit CI ein signifikanter Hörgewinn verzeichnet werden. Dieses ist von großer Bedeutung, da bei SSD viele Probleme im Sprachverstehen entstehen, sobald die Sprache von der dem gesunden Ohr abgewandten Seite angeboten wird. Dies resultiert aus dem fehlerhaften Kopfschatten-Effekt. Der Kopf wirkt wie eine akustische Barriere, wodurch ein unterschiedliches SRV entsteht. Aufgrund der Taubheit entsteht auf der Seite des gesunden Ohres ein stärkeres Signal, obwohl dieses der Sprache abgewandt ist. Schaltet nun das Gehirn automatisch auf diese Seite um, resultiert daraus ein schlechteres Sprachverständnis, da der auf dieser Seite präsente Lärm verstärkt wird. Wurde in der beschriebenen Situation das CI aktiviert, entsprach dieses einem Hinzufügen eines Ohres mit einem besseren SRV als dem SRV auf der Seite des gesunden Ohres. Das Gehirn schaltete auf die Seite, von welcher die Sprache präsentiert wurde (CI-Ohr), wodurch ein Hörgewinn gewonnen werden konnte. Es muss jedoch in Frage gestellt werden, ob diese Testanordnung wirklich die Entstehung eines Kopfschatten-Effekts widerspiegelt, da bereits Vermeire und Van de Heyning (2009) sowie Arndt et al. (2011) die Problematik beschrieben, das normal hörende Ohr im Freifeld nicht sicher vertäuben zu können. Eine sichere Vertäubung ist jedoch notwendig, da der Kopfschatten-Effekt aus der Differenz von zwei monoauralen Situationen berechnet wird [26, 27]. Aufgrund eines Selbstversuches kann eine sichere Vertäubung in dem Versuchsaufbau dieser Studie garantiert werden. Die Ergebnisse der Konfiguration SciNnh spiegeln einen gewonnen Kopfschatten-Effekt wider.

In der Konfiguration SnhNci wurde keine Signifikanz verzeichnet. Dieses Ergebnis erreichten ebenso Vermeire und Van de Heyning (2009) sowie Arndt et al. (2011). Als Ursache hierfür vermuteten Arndt et al. (2011) die fehlende interaurale Asymmetrie [26, 27]. Eapen et al. (2009) beschrieben eine signifikante Verbesserung des Squelch-Effektes in einem Beobachtungszeitraum von vier Jahren [105]. Deshalb sollte eine erneute Testung der Patienten dieser Studie nach einem längeren Zeitraum angestrebt werden. In der vorliegenden Studie wurde mit CI, mit einer Differenz von -0,3 dB, im Vergleich zur Situation ohne CI ein sogar minimal schlechterer Wert erreicht, der p-Wert ist mit 0,476907 jedoch nicht annähernd signifikant. Für die Patienten sind diese Werte

nicht ausschlaggebend, da ein Wert von -11,6 dB ein sehr viel besseres Sprachverstehen widerspiegelt als das von Normalhörenden mit im Durchschnitt -7,1 dB. [71]. Dieses könnte aus der geringeren Hörfähigkeit der CI-Seite im Vergleich zu dem normal hörenden Gegenohr resultieren. Dadurch werden die Störgeräusche auf CI-Seite nicht weitergeleitet und beeinträchtigen somit nicht das Hörvermögen der nicht ertaubten Seite. Dieses Ergebnis verdeutlicht den Vorteil einer Versorgung mittels eines CI bei SSD gegenüber der Versorgung mittels einer BAHA. Durch die BAHA werden Störgeräusche weitergeleitet, was zu einem schlechteren Hörvermögen führt [30, 26].

Zusammenfassend wird die durch das CI entstandene binaurale Situation als subjektiv besser empfunden als die unversorgte Situation. Dieses und der dadurch gewonnene Benefit für die Patienten wird auch durch die durchschnittliche Tragedauer von 11,24 Stunden widergespiegelt. Ähnliche Tragedauern wurden auch durch vorherige Studien festgestellt [79, 80, 106, 107].

5.1.2 Veränderung des Freiburger Einsilbertests

Die präoperativen Ergebnisse des FE bestätigen die unilaterale Ertaubung: Ohne Vertäubung des gesunden Ohres bestand im Freifeld eine Sprachverständlichkeit von 100 % bei 65 dB SSP, mit Vertäubung des Gegenohres (monoaurales Hören mit dem zu implantierenden Ohr) eine Sprachverständlichkeit von im Mittel 2,73 % bei 65 dB SSP. Postoperativ konnte bei Direkteinspeisung in das CI eine SSP von im Mittel 46,36 % bei 65 dB verzeichnet werden. Ein signifikanter Hörgewinn konnte durch die Versorgung mittels eines CI erreicht werden. Die Gesamtkohorte erreichte postoperativ, bei Vertäubung des gesunden Ohres oder Direkteinspeisung in das CI, im Mittel eine Sprachverständlichkeit von 48,25 % bei 65 dB SSP.

Ausschließlich Arndt et al. (2011) erhoben ebenfalls präoperativ Daten. Bei 65 dB SSP im Freifeld wurden in der Hörsituation ohne Vertäubung des gesunden Ohres mindestens 80 % der Wörter verstanden, in der monoauralen Hörsituation, mit Vertäubung des gesunden Ohres, auf dem zu implantierenden Ohr maximal 30 % bei 70 dB SSP. Arndt et al. (2011) erhoben jedoch keine postoperativen Daten. Dadurch kann zwar nachgewiesen werden, dass eine Indikation zur Implantation eines CI bestand, jedoch kann nicht beurteilt werden, ob durch die Versorgung mittels eines CI ein Hörgewinn verzeichnet werden konnte [26]. Daher wird diese Studie im Folgenden vernachlässigt.

Jacob et al. (2011) und Stelzig et al. (2011) erhoben ausschließlich postoperativ Daten. Sie führten, bei Vertäubung des gesunden Ohres, den FE mit und ohne CI durch. Die Testreihe ohne CI sollte die präoperative Situation nachstellen. Mit CI verzeichneten Jacob et al. (2011) ein Sprachverstehen von 71 % im Mittel bei einem SSP von 60 dB. Zwar wird im Fließtext beschrieben, dass dadurch ein signifikanter Hörgewinn verzeichnet werden konnte, jedoch wurden die genauen Ergebnisse der Testreihe ohne CI weder im Fließtext erwähnt noch graphisch dargestellt. Daher wird die Studie von Jacob et al. (2011) ebenfalls im Folgenden vernachlässigt [28]. Stelzig et al. (2011) verzeichneten bei einem SSP von 65 dB, bei Vertäubung des gesunden Ohres ein Sprachverstehen von 75 % im Mittel. Es wurde keine Testreihe durchgeführt, bei welcher das gesunde Ohr vertäubt wurde und kein CI getragen wurde. Es bestehen also keine präoperativ repräsentierenden Werte, mit denen ein Vergleich möglich wären. Hinzu kommt, dass nur vier Patienten untersucht wurden. Aus diesen Gründen wird die innere Validität in Frage gestellt und auch diese Studie im Folgenden vernachlässigt [65].

Ein signifikanter Hörgewinn durch die *CI-Implantation* kann jedoch auch ohne Vergleichsmöglichkeiten sicher erwiesen werden. Kritisch muss jedoch die unterschiedliche Versuchsdurchführung und -aufbau innerhalb dieser Studie betrachtet werden. Hierdurch basieren die Ergebnisse lediglich auf elf anstelle von 20 Patienten. Es wird jedoch angenommen, dass trotz der geringeren Patientenzahl die innere Validität bestehen bleibt, solange nur die Daten von den Patienten miteinander verglichen werden, welche an beiden Testreihen teilgenommen haben.

5.1.3 Veränderung des Oldenburger Inventars

Der Vergleich der prä- und postoperativen Ergebnisse des Oldenburger Inventars zeigte eine signifikante Verbesserung des Hörens im Störgeräusch und eine hochsignifikante Verbesserung im Richtungshören. Beim Hören in Ruhe wurde ebenfalls ein Zuwachs verzeichnet. Dieser war jedoch im Vergleich nur sehr gering. Dieses Ergebnis war zu erwarten, da die Patienten durch das normalhörende Ohr in Ruhe kaum Einbußen beim Hören verzeichneten. Diese geringe Verbesserung nimmt auch Einfluss auf den Gesamtscore. Der Gesamtscore verbesserte sich postoperativ, erreichte jedoch kein Signifikanzniveau. Dieses Ergebnis deckt sich mit der Studie von Firszt et al. (2012). Diese verwendeten zwar den SSQ zur Validierung der subjektiven Selbsteinschätzung des Hörvermögens, kann jedoch trotzdem zum Vergleich herangezogen werden, da beide

Fragebögen die subjektive Selbsteinschätzung des Hörvermögens untersuchten. Andere Studien [26–28, 30], welche ebenfalls den SSQ zur Validierung benutzten, stellten eine signifikante Verbesserung in allen Domänen („Sprachverstehen“, „Qualität des Geräusches“ und „räumliches Hören“) fest.

Die signifikante Verbesserung des Hörens im Störgeräusch und des Richtungshörens resultiert wahrscheinlich aus den Effekten des binauralen Hörens, welche nach der Implantation wieder gegeben sind: Squelch-Effekt, Kopfschatten-Effekt und Summations-Effekt. Zu diesen Schlussfolgerungen kamen bereits Basura et al. (2009) [108].

Bis heute ist noch immer nicht abschließend geklärt, welche Mechanismen zu den aufgeführten Resultaten führen. Es spielen diverse Faktoren eine Rolle. Zusammenfassend kann für alle drei Untersuchungen (OLSA, FE, OI) spekuliert werden, dass die Frequenz und die Intensität des auditorischen Trainings einen Einfluss auf die Geschwindigkeit des Sprachverständnisses und dessen Lernkurve hat. Dieses vermuteten bereits Buechner et al. (2010) sowie Távora-Vieira et al. (2013) [31, 70].

5.2 Die Fragebögen – Verängerung der Lebensqualität, des Tinnitus und der psychischen Komorbiditäten

5.2.1 Veränderung der Lebensqualität

Ergebnisse des Nijmegen Cochlear Implant Questionnaire

Der Vergleich der prä- und postoperativen Ergebnisse des NCIQ wies in allen sechs Subdomänen und dem NCIQ Total eine Verbesserung auf. Außer den Ergebnissen der Subdomänen „Kontrolle der eigenen Stimme“ und „Soziale Interaktion“ waren diese signifikant, die Verbesserung des NCIQ Total hochsignifikant. Dieses Ergebnis lässt sich mit diversen anderen Studien vergleichen [66, 79, 100, 109, 110]. Jedoch muss beachtet werden, dass diese Studien bei Patienten durchgeführt wurden, welche auf dem nicht CI-versorgten Ohr Hörbeeinträchtigungen besaßen. Es handelte sich hierbei nicht um Patienten mit SSD.

Zum derzeitigen Zeitpunkt untersuchten lediglich vier andere Studien den Zusammenhang zwischen der Lebensqualität und SSD sowie den Einfluss durch eine *Cochlea-Implantat-Versorgung*. Alle vier Studien führten die Validierung mittels des

SSQ durch, eine Studie zusätzlich mittels des HUI-3: Die Studien von Távora-Vieira et al. (2013) und von Firszt et al. (2012) präsentierten keine quantitativen Daten. Die Ergebnisse wurden lediglich durch Graphen dargestellt. Távora-Vieira et al. (2013) verzeichneten im Vergleich der prä- und postoperativen Situation nach drei Monaten eine signifikante Verbesserung in allen drei Untergruppen des SSQ [29, 31]. Firszt et al. (2012) wiesen im Vergleich der prä- und postoperativen Werte zwölf Monate nach Implantation bei den prälingual ertaubten Patienten eine signifikante Verbesserung in der Untergruppe „räumliches Hören“ nach, sechs Monate nach Implantation wiesen die postlingual ertaubten Patienten in den Untergruppen „Sprachverständnis“ und „räumliches Hören“ eine signifikante Verbesserung auf [29]. Die prälingual ertaubte Patientengruppe wird im Folgenden aufgrund einer zu geringen Patientenzahl vernachlässigt. Arndt et al. (2011) präsentierten ähnliche Ergebnisse wie Firszt et al. (2012). Im Vergleich zu den anderen Versorgungsmöglichkeiten und der unversorgten Situation konnte eine signifikante Verbesserung in den Untergruppen „Sprachverständnis“ und „räumliches Hören“ verzeichnet werden. Zusätzlich fand eine Validierung mittels des HUI-3 statt. Eine signifikante Verbesserung konnte hier lediglich in dem Vergleich mit einer BAHA bzw. CROS Versorgung festgestellt werden. Im Vergleich mit der unversorgten Situation bestand keine Signifikanz [26, 29, 30]. Vermeire et al. (2009) verzeichneten im Vergleich der prä- und postoperativen Daten in allen drei Untergruppen eine signifikante Verbesserung [27].

Die vier aufgeführten Studien nutzten zur Validierung der Lebensqualität den SSQ und HUI-3, die hier aufgeführte Studie den NCIQ. Der NCIQ ist von allen drei Fragebögen der einzige Fragebogen, welcher krankheitsspezifisch in Bezug auf eine Versorgung mittels eines CI die HRQOL untersucht [79]. Der SSQ wurde entwickelt, um ein Sortiment an Hörbehinderungen und Hörhilfen zu untersuchen. Außerdem werden keine spezifischen Daten zu der HRQOL erhoben, sondern vielmehr die Einschränkungen, welche ein Hördefizit zur Folge haben, sowie die relativen Auswirkungen der Höreinschränkung auf den Grad der Behinderung [111]. Der HUI-3 untersucht zwar die HRQOL, jedoch wurde er nicht entwickelt, um krankheitsspezifisch die *Hypakusis* oder Höreinschränkungen zu evaluieren. Der HUI-3 beinhaltet insgesamt fünf Fragen, welche sich auf das Hören beziehen.

Die Validierung mittels des NCIQ ist von allen aufgeführten Fragebögen am präzisesten. Ein Vergleich mit den anderen Studien ist jedoch sinnvoll, da auch diese zumindest Teilaspekte mit einbeziehen. Um eine hohe Validität im Vergleich zwischen verschiedenen Studien garantieren zu können, sollten jedoch alle Studien den gleichen Fragebogen nutzen. Aufgrund der hier geschilderten Aspekte sollte dies der NCIQ sein.

Die negative Korrelation von Lebensqualität und *Hypakusis* wurde bereits in der Gesundheitsberichterstattung des Bundes (2006) und durch Nachtegaal et al. (2009) aufgezeigt. Daraus kann geschlussfolgert werden, dass die signifikante Verbesserung der entsprechenden Domänen und des NCIQ Total ebenfalls aus der verbesserten Hörsituation nach *Cochlea-Implantat-Versorgung* rührt.

Die „Soziale Interaktion“ stellt eine der schwierigsten Hörsituationen dar. Das Signifikanzniveau wurde in dieser Domäne mit einem p-Wert von 0,053407 nicht erreicht. In der Literatur berichten Patienten über Sprachverständnisprobleme in Situationen, welche das soziale Leben prägen; in geräuschvoller Umgebung und halligen Räumen sowie ein Gesprächspartner, welcher sich auf der ertaubten Seite befindet. Ein hohes Maß an Konzentration ist notwendig. Eine schnelle Hörschöpfung ist die Folge. Die daraus resultierenden Missverständnisse führen zu Frustration bis hin zur Vermeidung solcher Situationen [26, 28]. Eine vollständige Rehabilitation der Hörfähigkeit durch die Versorgung mit einem CI bedarf viel Zeit und Übung seitens des Patienten. Da die „Soziale Interaktion“ eine der schwierigsten Hörsituationen darstellt, wird davon ausgegangen, dass mehr Zeit und Übung seit der Erstanpassung vergehen muss, bis auch diese Situation gemeistert werden kann. Deshalb sollte eine Wiederholung der Befragung der Patienten in den nächsten Jahren regelmäßig stattfinden.

Ergebnisse des Medical Outcome Study Short Form Survey

Hinsichtlich des SF-36 fanden sich im Vergleich mit anderen Studien [66, 99, 110] in allen Domänen, außer „Soziale Funktionsfähigkeit“ und „Gesundheitsveränderung“, präoperativ ähnliche Ergebnisse. Es muss allerdings beachtet werden, dass in jeder der verglichenen Studien lediglich einzelne Domänen ähnliche Ergebnisse aufwiesen, in keiner stimmten alle zusammen überein. Es muss in Frage gestellt werden, ob der SF-36 dazu geeignet ist, die selektive Beurteilung von Hörstörungen zu validieren oder ob die Beeinträchtigung durch die eingeschränkte Hörfähigkeit für den Einzelnen zu unter-

schiedlich ist und sich somit unterschiedlich stark auf den Gesundheitszustand auswirkt [112]. Ersteres wurde bereits durch Horner-Johnson et al. (2010) gestützt. Diese verglichen in ihrer Studie schwerhörige Patienten, welche keine anderen funktionellen Einschränkungen aufwiesen, mit gesunden Erwachsenen. In den Ergebnissen des SF-36 konnten zwischen diesen beiden Gruppen keine Unterschiede gefunden werden [78].

Postoperativ ähneln die Ergebnisse sehr stark denen der Studien von Olze et al. (2012) und Hirschfelder et al. (2008). Deren Studien untersuchten jedoch nicht die SSD. Im Hinblick auf die präoperativen Ergebnisse verbesserten sich bei den beiden oben genannten Studien fast alle Domänen signifikant. Lediglich die Domänen „Körperliche Funktionsfähigkeit“ und „Körperliche Schmerzen“ bzw. „Körperliche Funktionsfähigkeit“ und „Körperliche Summenskala“ verschlechterten sich [66, 99]. In der vorliegenden Studie verschlechterten sich, wenn auch nicht signifikant, weitaus mehr Domänen („Körperliche Funktionsfähigkeit“, „Körperliche Rollenfunktion“, „Körperliche Schmerzen“, „Gesundheitsveränderung“ und „Körperliche Summenskala“). In den Studien von Olze et al. (2012) und Hirschfelder et al. (2008) wurde diese negative Veränderung mit dem natürlichen Alterungsprozess der Patienten, welcher zwischen dem Befragungszeitpunkt von prä- und postoperativen Fragebogen lag, begründet. Es liegt die Vermutung nahe, dass die Patienten auf ihre körperlichen Veränderungen durch die Teilnahme an der Studie und die ständigen Anpassungsprozesse des CI ein regelmäßiges Feedback erhalten und so sensibilisiert werden. Dadurch wird kleinen Veränderungen ein großes Ausmaß zugesprochen. Die Domäne „Vitalität“ zeigte in der vorliegenden Studie als einzige eine signifikante Verbesserung. Dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass durch das bessere Sprachverstehen, Richtungshören und Lokalisationsvermögen, welches bereits in anderen Studien erwiesen wurde [26–28, 30], eine stärkere Aktivität der Patienten resultiert, da nun alltägliche Situationen besser bewältigt werden können. Dieses Ergebnis muss jedoch kritisch betrachtet werden, da ein Patient nicht alle Fragen beantwortete. Darunter fielen auch Fragen der Domäne „Vitalität“. Daher misst die Summe der Patienten anstelle von 20 nur 19. Da jedoch mit $p = 0,027977$ das Signifikanzniveau von 95 % (beginnend bei 0,05) eindeutig erreicht wurde, wird die abweichende Summe der Patienten vernachlässigt.

Wird der Aspekt der Lebensqualität insgesamt betrachtet, kann eine signifikante Verbesserung einseitig ertaubter Patienten festgestellt werden.

5.2.2 Veränderung der Tinnitusbelastung

Ergebnisse des TF nach Goebel und Hiller

Tinnitus besitzt in Verbindung mit sensorineuraler *Hypakusis* eine hohe Prävalenz. Bagueley und Atlas (2007) berichteten in einem „Review“ von 18 Studien von einem Anteil von 67 bis 100 % bei CI-Patienten, was einen Durchschnitt von 80 % ergab [113]. Dies ist mit der vorliegenden Studie vergleichbar. Insgesamt litten 85 % der teilnehmenden Patienten vor der *Cochlea-Implantat-Versorgung* unter *Tinnitus*.

Bei Betrachtung des TF nach Goebel und Hiller konnte nach *Cochlea-Implantat-Versorgung* ein signifikanter Abfall des TF Total verzeichnet werden. Ebenso kam es zu einer signifikanten Verbesserung der Domänen „Emotionale Belastung“, „Penetranz des *Tinnitus*“ und „Hörprobleme“. Dieses steht im direkten Zusammenhang mit der Verdopplung der Anzahl der Patienten, welche unter keinem *Tinnitus* litten. Nach *Cochlea-Implantat-Versorgung* litten noch 70 % der Patienten unter *Tinnitus*. Diverse anderen Studien kamen zu ähnlichen Ergebnissen [30, 61, 69, 95, 114].

Wie bereits unter 1.4.3 beschrieben, zeigte sich in den Studien des „Review“ von Arts et al. (2012), dass nach im Schnitt drei bis sechs Monaten eine deutliche *Tinnitus*suppression nach *Cochlea-Implantat-Versorgung* bei SSD vorlag [20]. Eine Wiederkehr des *Tinnitus* nach Deaktivierung des CI trat in allen neun Studien auf. Die Studien des „Review“ von van Zon et al. (2015) kamen zu demselben Ergebnis [64].

In anderen Studien wurden die unter *Tinnitus* leidenden Patienten in mehrere Gruppen unterteilt: „low severity level“ und „high severity level“ [99], „higher level“ und „lower level“ [77]. Die Gruppen „low severity level“ und „lower level“ beinhalteten die Patienten, welche in dem TQ nach Hallam et al. (1988), Hallam (1996) einen Wert von 1–46 erreichten. Die Patienten, welche einen Wert von 47–84 erreichten, bildeten die Gruppen „high severity level“ und „higher level“. In diesen Studien konnten differenziertere Aussagen zu den postoperativen Veränderungen getroffen werden. So stellten Olze et al. (2012) in der Patientenkohorte von 2012 zwar eine signifikante Verbesserung in der Gruppe „high severity level“, jedoch keine signifikante Veränderung in der Gruppe „low severity level“ fest [99]. Andere Studien befassten sich ausschließlich mit Patienten, welche präoperativ unter kompensiertem oder dekompensiertem *Tinnitus* litten [100, 115]. Hier verdeutlichte sich der positive Einfluss eines CI auf einen *Tinnitus* und die damit resultierende Lebensqualität noch mehr.

Auch wenn in der bestehenden Literatur das Risiko einer Entstehung von *Tinnitus* nach *Cochlea-Implantat-Versorgung* mit 0 bis 4 % angegeben wird [9, 26, 37, 66, 115], steht außer Frage, dass ein CI durch elektrische Stimulation einen bestehenden *Tinnitus* in der überwiegenden Zahl der Fälle positiv beeinflusst. Dies kann u.a. durch kortikale Plastizität erklärt werden [115].

Eine Verbesserung eines bestehenden *Tinnitus* durch eine der anderen Versorgungsmöglichkeiten des SSD ist in der Literatur nicht beschrieben. Die Verbesserung einer eventuell bestehenden generalisierten Angststörung durch Verminderung eines bestehenden *Tinnitus* wird in dieser Studie belegt und unter 5.3.2 diskutiert. Jedoch kann abschließend nicht geklärt werden, ob ein *Tinnitus* bei einseitiger Ertaubung eine alleinige OP-Indikation darstellen sollte. Ein bestehender *Tinnitus* wird vermindert, jedoch nicht ausgelöscht.

5.2.3 Veränderung der psychischen Komorbiditäten

Ergebnisse des Perceived Stress Questionnaire

Ausgehend von dem transaktionalen Stressmodell nach Lazarus (1984), stellen Stresssituationen komplexe Wechselwirkungsprozesse dar. Durch eine zu bewältigende Situation werden externe und interne Anforderungen gestellt. Diese werden in einer primären Bewertung als irrelevant, positiv oder gefährlich eingestuft. Eine sekundäre Bewertung analysiert die persönlichen Ressourcen. Werden diese als mangelhaft eingestuft, resultiert daraus Stress. Daraufhin werden Bewältigungsstrategien entworfen. Diese sind abhängig von den individuellen Eigenschaften und kognitiven Fähigkeiten des Individuums und der Situation [116].

Durch den PSQ können die individuellen Ressourcen und Persönlichkeitsaspekte erfasst werden, welche belastend auf die subjektive Einstufung einer Situation wirken. Bei der vorliegenden Studie lag der durchschnittliche Gesamtwert präoperativ mit 0,31 nur gering über 0,30, welcher den Durchschnittswert gesunder Erwachsener darstellt [86]. Postoperativ lag der durchschnittliche Gesamtwert mit 0,29 sogar leicht unter dem Durchschnittswert gesunder Erwachsener. Wenn auch kein signifikantes Ergebnis vorlag, so kann der niedrige Gesamtwert von 0,29 trotzdem als Erfolg angesehen werden. Eine signifikante Verbesserung würde weit unter dem Normwert gesunder Erwachsener liegen, welches ein unrealistisches Ziel darstellen würde.

Ergebnisse des Orientations to Problems Experienced Scale Kurzform

Die Stressbewältigung (coping) wird durch Lazarus (1984) in drei Arten unterteilt [116]:

Das „problemorientierte Coping“: Die betroffene Person versucht durch Handlungen den Gewinn von Informationen zu erreichen oder durch das Unterlassen von Handlungen die Problemsituation zu bewältigen oder sich der Gegebenheit anzupassen. Diese Bewältigungsstrategie tritt in den Vordergrund, sobald ein konstruktives Handeln als realistisch erscheint.

Das „emotionsorientierte Coping“ wird angewandt, wenn die Problemsituation als nicht beherrschbar eingestuft wird und somit von der betroffenen Person ertragen werden muss. Primär wird dann versucht, die bereits entstandenen Emotionen abzubauen.

Bei dem „bewertungsorientierten Coping“ wird die Problemsituation neu bewertet. Dadurch können Belastungen als Herausforderungen betrachtet werden, wodurch die eigentlich negative Situation als positiv betrachtet wird und weitere Ressourcen aktiviert werden. Dies kann allerdings nur in Kombination mit dem problemorientierten Coping angewandt werden, da zuvor ein Lösungsansatz gefunden werden muss [116].

Anhand des Brief-COPE werden die unterschiedlichen Handlungen des Individuums auf vorhandene Problemsituationen erfasst. Dadurch ist es möglich, die entsprechenden Bewältigungsstrategien aufzuzeigen. In der vorliegenden Studie ergab der Vergleich der prä- und postoperativen Fragebögen zwar keine signifikanten Ergebnisse, jedoch lässt sich eine Veränderung bezüglich der Bewältigungsstrategien erkennen: Postoperativ kam es zu einer Abnahme ausweichender und unterstützender Bewältigungsstrategien sowie der aktiven Krankheitsbewältigung und einer Zunahme des positiven Denkens. Dies kann in Bezug auf die postoperative Abnahme der individuellen Stressbelastung gestellt werden. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Olze et al. (2012) [100].

Ergebnisse des Generalized Anxiety Disorder-7

Durch den von Spitzer et al. (2006) publizierten GAD-7 ist es möglich, klinische Symptome der generalisierten Angststörung zu diagnostizieren [89].

Präoperativ lag mit im Durchschnitt 5,15 Punkten bei den Patienten eine milde generalisierte Angststörung vor. Die Patienten in der vorliegenden Studie waren im Mittel 56,97

Jahre alt und waren im Mittel seit 4,76 Jahren ertaubt. Nur eine Patientin erlaubte im frühen Kindesalter. Die restlichen Patienten erlaubten erst später und plötzlich. Die häufigste Ursache stellte ein Hörsturz dar. Die akute Ertaubung und die damit verbundene verminderte Leistungs- und Erlebnisfähigkeit verursacht bei den Patienten Angst und Unsicherheit vor dem, was noch folgen wird. Im Gegensatz zu langsam erlaubten Personen konnten sie sich durch den fehlenden schleichenden Prozess nicht an die neue Lebenssituation gewöhnen. Sie wurden schlagartig aus Ihrem Alltag gerissen und fürchten sich nun vor alltäglichen Situationen.

Postoperativ sank der Wert signifikant auf 3,85 im Durchschnitt, wodurch eine Normalisierung eintrat – es lag keine generalisierte Angststörung mehr vor. Die Patienten realisierten, dass ihnen geholfen werden konnte, sich ihre Hörsituation verbesserte und sich auch ihr Alltag wieder regulierte. Durch die zurückgewonnene Hörfähigkeit schöpften die Patienten Mut und blickten nun zuversichtlich in die Zukunft.

Der positive Effekt eines CI auf eventuell vorliegende generalisierte Angststörungen ist somit unumstritten. Dieses wiesen auch schon diverse andere Studien auf [117–120].

Ergebnisse der allgemeinen Depressionsskala

Nach Einstufung der ADS-L lag weder prä- noch postoperativ eine depressive Erkrankung vor. Mit einem Wert von 10,55 bestand bereits präoperativ ein großer Abstand zu der Grenze, welche eine milde depressive Erkrankung beschreiben würde. Diese beginnt ab einem Wert von 17 Punkten [94]. Postoperativ sank der Punktwert sogar noch weiter auf 8,9. Zwar war keine Signifikanz zu verzeichnen, jedoch kann dieses aufgrund der ohnehin schon sehr geringen Punktwerte vernachlässigt werden.

Sorgen von Patienten mit einer generalisierten Angststörung beziehen sich auf die Zukunft. Sorgen von an einer Depression erkrankten Patienten sind meistens mit Ereignissen verbunden, welche in der Vergangenheit liegen [121]. Die plötzliche einseitige Ertaubung der Patienten dieser Studie stellt kein vergangenes Verhalten dar. Vielmehr besteht, wie bereits zuvor erwähnt, die Besorgnis über die Zukunft im Vordergrund.

Einen positiven Effekt der *Cochlea-Implantat-Versorgung* nachzuweisen, ist durch den gesunden Zustand im Hinblick auf eine depressive Erkrankung unserer Patienten weder möglich noch notwendig.

5.3 Korrelationen

Die vorliegende Studie ist bislang die einzige Studie, welche zwischen dem OI und NCIQ Total sowie zwischen der GAD-7 und dem TF Total, in Bezug auf *CI-Implantation* bei SSD die Korrelation untersucht hat. Daher ist es nicht möglich, andere Studien zum Vergleich heranzuziehen. In den Studien von Olze et al. (2011/2012) wurden zwar ebenfalls diese Korrelationen untersucht, jedoch beziehen sich diese Untersuchungen nicht auf SSD, weshalb diese Studien im Folgenden vernachlässigt werden.

5.3.1 Korrelation von Sprachverstehen und Lebensqualität

Ergebnisse der Korrelation von OI und NCIQ Total

Eine hochsignifikante Korrelation zwischen dem Sprachverstehen und der Lebensqualität konnte präoperativ in den Domänen „Hören in Ruhe“ und „Hören im Störgeräusch“, sowie dem Gesamtscore des OI in Bezug auf den NCIQ Total verzeichnet werden. Eine signifikante Korrelation bestand zwischen der Domäne „Richtungshören“ des OI sowie dem NCIQ Total.

Je besser das Sprachverstehen in Ruhe und im Störgeräusch und/oder das Richtungshören war, umso höher wurde die Lebensqualität eingeschätzt.

Obwohl postoperativ der NCIQ Total signifikant verbessert war, wies die Korrelation zu dem OI ausschließlich in der Domäne „Richtungshören“ eine Signifikanz auf. Die anderen beiden Domänen, „Hören in Ruhe“ und „Hören im Störgeräusch“, sowie der Total wiesen postoperativ keinen signifikanten Zusammenhang mehr auf.

Je besser das Richtungshören war, umso höher war die Lebensqualität.

Diese Ergebnisse waren jedoch zu erwarten:

Aufgrund der Fähigkeit der Patienten, bereits präoperativ in Ruhe sehr gut zu hören (FE: Sprachverständlichkeit 100 % bei 65 dB SSP), kann postoperativ diesbezüglich keine weitere Zunahme der Lebensqualität erreicht werden.

Der OLSA repräsentiert in den Konfigurationen SciNnh und SnhNci das Hören im Störgeräusch. Dieser wies lediglich in der Konfiguration SciNnh einen signifikanten Hörgewinn auf. In der Konfiguration SnhNci konnte im Vergleich der Situation mit und ohne CI, wie bereits unter 5.1.1 beschrieben, keine Signifikanz verzeichnet werden.

Damit bestand postoperativ lediglich zu 50 % eine Verbesserung des Hörens im Störgeräusch, welches sich dementsprechend auf die postoperative Korrelation von OI und NCIQ auswirkt.

Aufgrund der fehlenden Korrelationen der Domänen „Hören in Ruhe“ und „Hören im Störgeräusch“ des OI mit dem NCIQ Total war es nicht möglich eine Korrelation zwischen dem Gesamtscore des OI und dem NCIQ Total zu erreichen.

Es ist demnach mathematisch nicht möglich eine Korrelation zwischen der Domäne „Hören im Störgeräusch“ bzw. dem Gesamtscore des OI und dem NCIQ Total nachzuweisen.

Jacob et al. (2011) erwiesen eine signifikante Verbesserung des Richtungshörens nach CI-Implantation (Kapitel 1.4.4) [28]. Durch das Richtungshören ist es den Patienten möglich, sich wieder räumlich zu orientieren, die Lebensqualität wird verbessert.

5.3.2 Korrelation psychischer Komorbidität und Tinnitusbelastung

Ergebnisse der Korrelation von GAD-7 und TF Total

Präoperativ bestand ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Auftreten einer generalisierten Angststörung und einem vorhandenen *Tinnitus*. Je stärker die Belastung durch *Tinnitus*, umso so stärker ausgeprägt war die generalisierte Angststörung bzw. je stärker die generalisierte Angststörung war, umso ausgeprägter war der *Tinnitus*.

Postoperativ verbesserten sich sowohl die Werte des GAD-7 als auch des TF Total signifikant, jedoch konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen diesen beiden Parametern festgestellt werden.

Dass ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten eines *Tinnitus* und depressiven Symptomatiken, Stress und Angststörungen besteht, wurde bereits mehrfach beschrieben und ist in der Medizin allgemein anerkannt [122–124]. Exemplarisch hierfür kann das Kapitel 10.3.1 des Buches „HNO Praxis heute“ des Springer Verlages herangezogen werden. In diesem erfolgt eine Auflistung von Studien, welche „Art und Umfang psychischer Beschwerden bei Tinnituspatienten“ dokumentieren. Bei dem Auftreten eines kompensierten *Tinnitus* beträgt die Prävalenz einer Angststörung 14 % [125]. Diese sind mit unserer Studie vergleichbar, da sowohl die Summe der Patienten mit $n = 21$ als auch der Schweregrad des *Tinnitus* (kompensiert) annähernd identisch sind. Der Unterschied besteht jedoch darin, dass in diesen Studien ausschließlich der Zusam-

menhang zwischen *Tinnitus* und generalisierter Angststörungen untersucht wurden. Es handelt sich hierbei weder um einseitig ertaubte Probanden noch um Probanden, welche mit einem CI versorgt wurden.

Ein Grund für die postoperativ nicht bestehende Korrelation zwischen dem GAD-7 und TF Total könnte der Einbezug der Patienten sein, welche unter keinem *Tinnitus* litten. Die Zahl dieser Patienten stieg postoperativ von drei auf sechs. Hierdurch wurde das Ergebnis verfälscht. Um ein unverfälschtes Ergebnis zu erlangen, sollte die Statistik dahingehend erweitert werden, dass postoperativ zusätzlich die Korrelation des GAD-7 und TF Total von ausschließlich den Patienten erhoben wird, welche auch nach *CI-Implantation* noch unter einem *Tinnitus* litten.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass ein Zusammenhang zwischen der *Tinnitusbelastung* und einer evtl. vorliegenden generalisierten Angststörung besteht. Dieses sollte in Zukunft bei der Rehabilitation der CI-Patienten beachtet werden, um den Prozess der Genesung zu optimieren.

5.4 Methodik

5.4.1 Die Patientenkohorte

Durch die unterschiedliche Lebenserfahrung und die Fähigkeit, sich an neue Lebenssituationen anzupassen bzw. die Fähigkeit des Körpers sich zu regenerieren und neue Prozesse zu erlernen, welche aus dem Alter resultieren, ist es von Bedeutung, das Alter der Patienten zu beachten. Zum Zeitpunkt der *Cochlea-Implantat-Versorgung* waren die Studienteilnehmer im Mittel 56,97 Jahre alt.

Aktuell wird der geeignetste Zeitpunkt einer Versorgung mittels eines CI diskutiert. Deshalb ist es von Bedeutung, die präoperative Ertaubungsdauer der Patienten zu kennen. Die durchschnittliche Ertaubungsdauer betrug im Mittel 4,76 Jahre.

Sowohl das Alter zum Zeitpunkt der *Cochlea-Implantat-Versorgung* als auch die Ertaubungsdauer entsprachen anderen Studien. So lag das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Implantation bzw. die Ertaubungsdauer bei Vermeire und Van de Heyning (2009) bei 51,6 Jahren bzw. 8,9 Jahren und bei Jacob et al. (2011) bei 42,5 Jahren bzw. 5,4 Jahren [27, 28].

Nach einer Einheilungsphase von ca. vier Wochen wurde die Erstanpassung des CI vorgenommen. Es folgte eine Rehabilitation des Hörvermögens. Hierzu suchten die Patienten regelmäßig eine(n) Logopädin(en) auf, mit welcher(m) sie zusammen ein Hörtraining absolvierten. Hinzu kam die eigenständige Förderung des Hörvermögens der implantierten Seite durch regelmäßiges Training zu Hause. Die Zeit spielt in diesem Zusammenhang eine große Rolle, da nicht sofort nach der Implantation wieder „normal“ gehört werden kann. Frühestens sechs Monate, im Mittel 1,53 Jahre nach Erstanpassung wurden die zuvor beschriebenen Tests durchgeführt. Dies ist mit anderen Studien über *CI-Implantation* bei SSD vergleichbar [26–30].

Ertaubungsdauer und Alter der Patienten sowie die Zeit seit Erstanpassung sind Patientenparameter, welche in der Literatur als mögliche Einflussfaktoren diskutiert werden [27, 30, 66, 98, 115]. Die untersuchte Patientenkohorte wies, mit einem Minimum von 21,54 und einem Maximum von 80,62 Jahren, ein durchschnittliches Alter von 56,97 Jahren auf. Die durchschnittliche Ertaubungsdauer lag, mit einem Minimum von 0,3 und einem Maximum von 26,9 Jahren, bei 4,76 Jahren. Die durchschnittliche Zeit seit Erstanpassung betrug, mit einem Minimum von 0,5 Jahren und einem Maximum von 3,3 Jahren, 1,53 Jahre. Hierdurch wurde ein weites Spektrum an unterschiedlichen Zeitvariablen beachtet, wodurch den möglichen beeinflussenden Parametern Rechnung getragen wurde.

5.4.2 Audiometrische Untersuchungen

Davon ausgehend, dass sechs Monate nach Erstanpassung ein stabiles Ergebnis der *Cochlea-Implantat-Versorgung* zu erwarten ist [127–130], ist mit einer möglichen Verfälschung der Ergebnisse in dieser Hinsicht nicht zu rechnen, da im Mittel der Zeitpunkt der Erhebung der Daten bei 1,53 Jahren nach Erstanpassung lag. Kritisch zu betrachten ist jedoch die unterschiedliche Patientenzahl der verschiedenen OLSA-Konfigurationen. Solange jedoch die unterschiedlichen Konfigurationen des OLSA nicht untereinander verglichen, sondern einzeln für sich betrachtet wurden, führte diese Tatsache zu keiner Verfälschung. Die unterschiedliche Patientenzahl der prä- und postoperativen Parameter bezüglich des FE ist ebenfalls kritisch zu betrachten. Diese führten jedoch ebenfalls zu keiner Verfälschung, da ausschließlich die prä- und postoperativ erhobenen Werte miteinander verglichen wurden, welcher derselben Patientenkohorte und damit auch derselben Anzahl von Patienten entstammten.

Außerdem ist kritisch zu beurteilen, dass die audiometrischen Untersuchungen zum größten Teil ausschließlich postoperativ durchgeführt wurden. Da jedoch die Situation ohne CI der präoperativen Situation entspricht, war eine präoperative Durchführung der audiometrischen Untersuchungen nicht notwendig.

5.4.3 Fragebögen

Die präoperative Situation wurde von den Patienten retrospektiv bewertet. Dieses kann als mögliche Fehlerquelle gewertet werden; denn retrospektive Studien gelten als besonders anfällig für Erinnerungsverzerrung (Recall bias). Im Nachhinein ist es den Patienten nicht mehr möglich, sich an die damals vorherrschenden Gegebenheiten zu erinnern [131]. Jedoch wird die Validität retrospektiv und prospektiv erhobener Daten als gleichwertig angesehen. Beispielsweise ähnelten sich pro- und retrospektiv erhobene Daten zur Lebensqualität vor *Cochlea-Implantation* in einer Studie von Krabbe et al. (2000). Die ungenauen Angaben der Patienten wirken sich also auf die Reliabilität aus, jedoch führt dieses zu keinen verfälschten Antworten [132]. Beachtet werden muss jedoch, dass die Fragebögen bezüglich der prä- und postoperativen Lebensbedingungen von den Patienten nicht gleichzeitig ausgefüllt werden, da dies zu einer gegenseitigen Beeinflussung der Antworten führen kann [66, 109]. Die Fragebögen der vorliegenden Studie wurden deshalb zeitlich voneinander getrennt ausgefüllt.

Es ist von großer Bedeutung, dass validierte Messinstrumente zur Erhebung der Informationen verwendet werden. Nur so ist es möglich, unter definierten Bedingungen reproduzierbare Ergebnisse zu gewinnen. Außerdem wird empfohlen, krankheitsspezifische und generische Messinstrumente zu kombinieren [133]. Die in der vorliegenden Studie verwendeten Fragebögen erfüllen diese Kriterien.

Durch den NCIQ kann der Einfluss der *Cochlea-Implantat-Versorgung* auf die Lebensqualität beurteilt werden. Es werden sowohl psychische und soziale als auch physische Veränderungen beachtet [66]. Die Zuverlässigkeit, Sensivität und Reliabilität des NCIQ als krankheitsspezifisches Messinstrument wurden bereits durch Hinderink et al. (2000) bewiesen [79].

Als standardisiertes und validiertes Mehrzweckinstrument können mittels des SF-36 krankheitsbezogene und chirurgische HRQOL-Daten erhoben werden. Zur Gesundheitserfassung ist es das meistgebräuchliche Messinstrument weltweit [78]. Jedoch

muss kritisch bewertet werden, dass der SF-36 einen Mangel an Sensivität aufweist, um Veränderungen der HRQOL aufzudecken, welche durch die *Cochlea-Implantat-Versorgung* bedingt sind [66, 110, 132, 134]. Um einen umfangreicheren Eindruck über den Einfluss der Verbesserung des Hörens auf die Lebensqualität gewinnen zu können, ist es jedoch von Bedeutung, die gewonnenen Ergebnisse mit unterschiedlichsten medizinischen Studien vergleichen zu können. Deshalb wurde der SF-36 trotz Mangel an Sensivität verwendet.

Der OI validiert die subjektive Fähigkeit des Hörens in drei verschiedenen Hörsituationen quantitativ. Dadurch ist es möglich, zusätzlich zu den objektiven audiometrischen Testverfahren, den subjektiven Erfolg der *Cochlea-Implantat-Versorgung* nachzuweisen. Die Notwendigkeit des Nachweises wurde durch Meis et al. (2006) beschrieben [135].

Durch Mo et al. (2002) wurde die Empfehlung ausgesprochen, in Untersuchungen der Lebensqualität von CI-Patienten Messinstrumente zu verwenden, welche psychische Veränderungen erfassen [134]. Dieser Empfehlung wurde durch die Verwendung des Brief-COPE zur Erfassung von Stressbewältigungsstrategien und dem PSQ zur Bestimmung der individuellen Stressbelastung nachgekommen.

Durch die metrische Äquivalenz des GAD-7 als Selbstauskunftsinstrument ist es möglich, die klinischen Symptome der generalisierten Angststörung einheitlich zu betrachten [90]. Ähnliches gilt für die ADS-L als Selbstbeurteilungsinstrument, welches bei antidepressiv wirkenden Interventionen als Erfolgs- und Verlaufsmaß dienen kann. Sie stellt ein praktikables Verfahren dar, welches mit anderen Testverfahren korreliert [94]. So konnten umfassendere Vergleiche gezogen werden.

Der TF nach Goebel und Hiller gilt im deutschsprachigen Raum seit 2005 als angesehenste Methode, die *Tinnitusbelastung* zu erfassen [136], weshalb auf einen großen Pool bereits bestehender Studien zurückgegriffen werden kann und auch bei diesem Messinstrument umfassende Vergleiche möglich sind.

Die Testdurchführung mittels der CTB ermöglicht durch die standardisierte Kombination einzelner Tests, die komplexe Fragestellung als Gesamtes zu erfassen. Die Anwendung der CTB ermöglicht eine differenzierte und detaillierte Evaluation des Benefits einer *Cochlea-Implantat-Versorgung* bei einseitig ertaubten Patienten bezüglich audiolo-

gischen Parametern, Lebensqualität, *Tinnitusbelastung* und psychische Komorbiditäten. Hieraus resultiert eine hohe Validität der CTB, die es ermöglicht, Neuindikationen einer *Cochlea-Implantat-Versorgung* zu evaluieren.

6 Literatur

- 1 World Health Organization. Deafness and hearing loss. WHO Media centre February 2017 (Accessed on April 8, 2017, at <http://www.who.int//mediacentre/factsheets/fs300/en/>)
- 2 Zahnert T. The differential diagnosis of hearing loss. Dtsch Arztebl Int 2011;108(25):433-43; quiz 444.
- 3 Streppel MW, Walger M, von Wedel H, Gaber E. Hörstörungen und Tinnitus. Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Robert Koch-Institut in Zusammenarbeit mit dem Statistischen Bundesamt 2006;26:7-24.
- 4 Agrawal Y, Platz EA, Niparko JK. Prevalence of hearing loss and differences by demographic characteristics among US adults: data from the National Health and Nutrition Examination Survey, 1999-2004. Arch Intern Med 2008;168(14):1522-30.
- 5 Wilson SW, Walsh PG, Sanches L, Read P. Hearing Impairment in an Australian Population. The Hearing Study. Centre for Population Studies in Epidemiology South Australian Department of Human Services 1998
- 6 Sohn W, Jörgenshaus W. Schwerhörigkeit in Deutschland. Z. Allg Med 2001;77(3):143-7.
- 7 United Nations. World Population Prospects The 2010 Revision, Volume I: Comprehensive Tables. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. New York 2011: 2-4.
- 8 Lin FR, Niparko JK, Ferrucci L. Hearing Loss Prevalence in the United States. Arch Intern Med 2011;171(20):1851-53.
- 9 Nachtegaal J, Smit JH, Smits C, Bezemer PD, van Beek JHM, Festen JM, Kramer SE. The association between hearing status and psychosocial health before the age of 70 years: results from an internet-based national survey on hearing. Ear Hear 2009;30(3):302-12.
- 10 Gallacher J, Ilubaera V, Ben-Shlomo Y, Bayer A, Fish M, Babisch W, Elwood P. Auditory threshold, phonologic demand, and incident dementia. Neurology 2012;79(15):1583-90.
- 11 World Health Organization. Global health and ageing. National Institute on Aging, National Institutes of Health, U.S. Department of Health and Human Services 2011;1-32 (Accessed April 8, 2017, at http://www.who.int/ageing/publications/global_health.pdf?ua=1)
- 12 Uhlmann RF, Larson EB, Rees TS, Koepsell TD, Duckert LG. Relationship of hearing impairment to dementia and cognitive dysfunction in older adults. JAMA 1989;261(13):1916-19.

- 13 Mulrow CD, Aguilar C, Endicott JE, Tuley MR, Velez R, Charlip WS, Rhodes MC, Hill JA, DeNino LA. Quality-of-Life changes and hearing impairment. A randomized trial. *Ann Intern Med* 1990;113(3):188-94.
- 14 Lehl S, Funk R, Seifert K. Erste Hörhilfe erhöht die geistige Leistungsfähigkeit. *HNO* 2005;53(10):852-62.
- 15 Acar B, Yurekli MF, Babademez MA, Karabulut H, Karasen RM. Effects of hearing aids on cognitive functions and depressive signs in elderly people. *Arch Gerontol Geriatr* 2010;52(3):250-2.
- 16 Choi AY, Shim HJ, Lee SH, Yoon SW, Joo EJ. Is Cognitive Function in Adults with Hearing Impairment Improved by the Use of Hearing Aids? *Clin Exp Otorhinolaryngol* 2011;4(2):72-6.
- 17 Sachverständigenbeirat "Berufskrankheiten" beim Bundesministerium für Arbeit und Soziales. Berufskrankheiten-Verordnung. Berufskrankheit Nr. 2301: Lärmschwerhörigkeit. 2008 (IVa 4-45222-2301).
- 18 Neubauer G, Gmeiner A. Volkswirtschaftliche Bedeutung von Hörschäden und Möglichkeiten zur Reduktion deren Folgekosten. Institut für Gesundheitsökonomik München 2011. (Accessed April 8, 2017, at http://www.kbv.de/media/sp/120811_studie_ifg_abschlussbericht.pdf)
- 19 Kamal SM, Robinson AD, Diaz RC. Cochlear implantation in single-sided deafness for enhancement of sound localization and speech perception. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2012;20(5):393-7.
- 20 Arts RA, George EL, Stokroos RJ, Vermeire K. Review: cochlear implants as a treatment of tinnitus in single-sided deafness. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2012;20(5):398-403.
- 21 Ferreira LM, Ramos Junior AN, Mendes EP. Characterization of tinnitus in the elderly and its possible related disorders. *Braz J Otorhinolaryngol* 2009;75(2):249-55.
- 22 Biesinger E, Heiden C, Greimel V, Lendle T, Höing R, Albegger K. Strategien in der ambulanten Behandlung des Tinnitus. *Hno* 1998;46(2):157-69.
- 23 D'Amelio RA, Archonti C, Wobrock T, Falkai P, Plinkert P, Verse T, Delb W. Die Tinnitusambulanz an der HNO-Klinik. *HNOPraxis heute*. Tinnitus. Berlin Heidelberg: Springer 2005;25:61-84.
- 24 Kompis M, Pfiffner F, Krebs M, Caversaccio MD. Factors influencing the decision for Baha in unilateral deafness: the Bern benefit in single-sided deafness questionnaire. *Adv Otorhinolaryngol* 2011;71:103-11.
- 25 Tyler RS, Gantz BJ, McCabe BF, Lowder MW, Otto SR, Preece JP. Audiological results with two single channel cochlear implants. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1985;94(2 Pt 1):133-9.

- 26 Arndt S, Laszig R, Aschendorff A, Beck R, Schild C, Hassepaß F, Ihorst G, Kroeger S, Kirchem P, Wesarg T. Einseitige Taubheit und Cochlear-implant-Versorgung. HNO 2011;59(5):437-46.
- 27 Vermeire K, Van de Heyning P. Binaural hearing after cochlear implantation in subjects with unilateral sensorineural deafness and tinnitus. *Audiol Neurootol* 2009;14(3):163-71.
- 28 Jacob R, Stelzig Y, Nopp P, Schleich P. Audiologische Ergebnisse mit Cochlear implant bei einseitiger Taubheit. HNO 2011;59(5): 453-60.
- 29 Firszt JB, Holden LK, Reeder Rm, Waltzman SB, Arndt S. Auditory abilities after cochlear implantation in adults with unilateral deafness: a pilot study. *Otol Neurotol* 2012;33(8):1339-46.
- 30 Arndt S, Aschendorff A, Laszig R, Beck R, Schild C, Kroeger S, Ihorst G, Wesarg T. Comparison of pseudobinaural hearing to real binaural hearing rehabilitation after cochlear implantation in patients with unilateral deafness and tinnitus. *Otol Neurotol* 2011;32(1):39-47.
- 31 Távora-Vieira D, Marino R, Krishnaswamy J, Kuthbutheen J, Rajan GP. Cochlear implantation for unilateral deafness with and without tinnitus: a case series. *Laryngoscope* 2013;123(5):1251-5.
- 32 Matkin ND, Hodgson WR, Carhart R, Tillman TW. Audiological manifestations of acute neural lesion in cases with Meniere's disease. *J Speech Hear Disord* 1965;30(4):370-6.
- 33 Dirks DD, Wilson RA. Binaural hearing of speech for aided and unaided conditions. *J Speech Hear Res* 1969;12(3):650-64.
- 34 MacKeith NW, Coles RR. Binaural advantages in hearing of speech. *J Laryngol Otol* 1971;85(3):213-32.
- 35 Bronkhorst AW, Plomp R. Binaural speech intelligibility in noise for hearing-impaired listeners. *J Acoust Soc Am* 1989;86(4):1374-83.
- 36 Litovsky R, Parkinson A, Arcaroli J, Sammeth C. Simultaneous bilateral cochlear implantation in adults: a multicenter clinical study. *Ear Hear* 2006;27(6):714-31.
- 37 Tyler RS, Dunn CC, Witt SA, Preece JP. Update on bilateral cochlear implantation. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2003;11(5):388-93.
- 38 Kühnle S, Ludwig AA, Meuret S, Kuttner C, Witte C, Scholbach J, Fuchs M, Rubsamen R. Development of auditory localization accuracy and auditory spatial discrimination in children and adolescents. *Audiol Neurootol* 2013;18(1):48-62.
- 39 Mertens G, Kleine Punte A, De Ridder D, Van de Heyning P. Tinnitus in a single-sided deaf ear reduces speech reception in the nontinnitus ear. *Otol Neurotol* 2013;34(4):662-6.

- 40 Dumper J, Hodgetts B, Liu R, Brandner N. Indications for bone-anchored hearing AIDS: a functional outcomes study. *J Otolaryngol Head Neck Surg* 2009;38(1):96-105.
- 41 Dun CA, Faber HAT, de Wolf MJ, Cremers CW, Hol MK. An overview of different systems: the bone-anchored hearing aid. *Adv Otorhinolaryngol* 2011;71:22-31.
- 42 Yu JK, Wong LL, Tsang WS, Tong MC. A Tutorial on Implantable Hearing Amplification Options for Adults with Unilateral Microtia and Atresia. *Biomed Res Int* 2014;2014:703256.
- 43 Asma A, Ubaidah MA, Hasan SS, Wan Fazlina WH, Lim BY, Saim L, Goh BS. Surgical outcome of bone anchored hearing aid (baha) implant surgery: a 10 years experience. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg* 2013;65(3):251-4.
- 44 Krempaska S, Koval J, Schmid C, Pfiffner F, Kurz A, Kompis M. Influence of directionality and maximal power output on speech understanding with bone anchored hearing implants in single sided deafness. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2014;271(6):1395-400.
- 45 Tao Y, Li G, Zheng Y, Wang K, Meng Z, Xu K. [The result of BAHA fitting in single sided deafness]. *Lin Chung Er Bi Yan Hou Tou Jing Wai Ke Za Zhi* 2013;27(1):37-8.
- 46 Saroul N, Akkari M, Pavier Y, Gilain L, Mom T. Long-term benefit and sound localization in patients with single-sided deafness rehabilitated with an osseointegrated bone-conduction device. *Otol Neurotol* 2013;34(1):111-4.
- 47 Ear Institute of Chicago. Hearing Implants|Vibrant Soundbridge. Hinsdale 2016. (Accessed April 8, 2017, at http://www.chicagoeear.com/HearingImplants/vibrant_soundbridge.html.)
- 48 Arora R, Amoodi H, Stewart S, Friesen L, Lin V, Nedzelski J, Chen J. The addition of a contralateral routing of signals microphone to a unilateral cochlear implant system - A prospective study in speech outcomes. *Laryngoscope* 2013;123(3):746-51.
- 49 Phonak AG, Phonak Insight|Phonak CROS System. An innovative solution for total unilateral hearing loss. 2010-11;1.01:1-5 (Accessed April 8, 2017, at https://www.phonakpro.com/content/dam/phonakpro/gc_hq/en/resources/evidence/white_paper/documents/Insight_Phonak_CROS_System.pdf)
- 50 Hoth S, Steffens T. Audiometrie - Die Untersuchung des Gehörs und seine technische Versorgung. *Medizintechnik*. 5th ed. Berlin Heidelberg: Springer 2016;207-67.
- 51 Lin LM, Bowditch S, Anderson MJ, May B, Cox KM, Niparko JK. Amplification in the rehabilitation of unilateral deafness: speech in noise and directional hearing effects with bone-anchored hearing and contralateral routing of signal amplification. *Otol Neurotol* 2006;27(2):172-82.
- 52 Lotterman SH, Kasten RN. Examination of the CROS type hearing aid. *J Speech Hear Res* 1971;14(2):416-20.

- 53 Snapp H, Angeli S, Telischi FF, Fabry D. Postoperative validation of bone-anchored implants in the single-sided deafness population. *Otol Neurotol* 2013;34(4):777-8.
- 54 Mühler R, Ziese M. Technischer Leitfaden Cochlea Implantat. Universitäts-HNO-Klinik Magdeburg 2010;1-25.
- 55 Deutsche Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Hals-Chirurgie e. V., Bonn. Cochlea-Implantat Versorgung und zentral-auditorische Implantate. Leitlinie 2012 (AWMF-Register-Nr.: 017-071).
- 56 Lehnhardt E. Sprachaudiometrie. Praxis der Audiometrie. 9th ed. Stuttgart: Thieme 2009;147-64.
- 57 Czerny C, Gstoettner W, Adunka O, Hamzavi J, Baumgartner WD. [Preoperative imaging of the inner ear prior to the implantation of a multichannel cochlear implant using computed and MR technology]. *Wien Klin Wochenschr* 2000;112(11):481-6.
- 58 Universitätsmedizin Göttingen, Klinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde. Cochlea Implantat (CI) - Indikation für ein CI. Göttingen (Accessed April 8, 2017, at http://www.hno.med.uni-goettingen.de/CI_Indikationen.php.)
- 59 Arnoldner C, Lin VY. Expanded selection criteria in adult cochlear implantation. *Cochlear Implants Int* 2013;14 Suppl 4:S10-3.
- 60 Gemeinsamer Bundesausschuss. Richtlinie des Gemeinsamen Bundesausschusses über die Verordnung von Hilfsmitteln in der vertragsärztlichen Versorgung (Hilfsmittel-Richtlinie/HilfsM-RL). *Bundesanzeiger BAnz AT* 2017;B3:17.
- 61 Punte AK, Vermeire K, Hofkens A, De Bodt M, De Ridder D, Van de Heyning P. Cochlear implantation as a durable tinnitus treatment in single-sided deafness. *Cochlear Implants Int* 2011;12 Suppl 1:S26-9.
- 62 Blasco MA, Redleaf MI. Cochlear Implantation in Unilateral Sudden Deafness Improves Tinnitus and Speech Comprehension: Meta-Analysis and Systematic Review. *Otol Neurotol* 2014;35(8):1426-32.
- 63 Hansen MR, Gantz BJ, Dunn C. Outcomes after cochlear implantation for patients with single-sided deafness, including those with recalcitrant Meniere's disease. *Otol Neurotol* 2013;34(9):1681-7.
- 64 Van Zon A, Peters JP, Stegeman I, Smit AL, Grolman W. Cochlear Implantation for Patients with Single-Sided Deafness or Asymmetrical Hearing Loss: A Systematic Review of the Evidence. *Otol Neurotol* 2015;36:209-219.
- 65 Stelzig Y, Jacob R, Mueller J. Preliminary speech recognition results after cochlear implantation in patients with unilateral hearing loss: a case series. *J Med Case Rep* 2011;5:343.

- 66 Hirschfelder A, Gräbel S, Olze H. The impact of cochlear implantation on quality of life: the role of audiologic performance and variables. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2008;138(3):357-62.
- 67 Chung J, Chueng K, Shipp D, Friesen L, Chen JM, Nedzelski JM, Lin VY. Unilateral multi-channel cochlear implantation results in significant improvement in quality of life. *Otol Neurotol* 2012;33(4):566-71.
- 68 Hopman WM, Towheed T, Anastassiades T, Tenenhouse A, Poliquin S, Berger C, Joseph L, Brown JP, Murray TM, Adachi JD, Hanley DA, Papadimitropoulos A, and the Canadian Multicentre Osteoporosis Study Research Group. Canadian normative data for the SF-36 health survey. Canadian Multicentre Osteoporosis Study Research Group. *CMA*, 2000;163(3):265-71.
- 69 Van de Heyning P, Vermeire K, Diebl M, Nopp P, Anderson I, De Ridder D. Incapacitating unilateral tinnitus in single-sided deafness treated by cochlear implantation. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2008;117(9):645-52.
- 70 Buechner A, Brendel M, Lesinski-Schiedat A, Wenzel G, Frohne-Buechner C, Jaeger B, Lenarz T. Cochlear implantation in unilateral deaf subjects associated with ipsilateral tinnitus. *Otol Neurotol* 2010;31(9):1381-5.
- 71 Wagener K, Kühnel V, Kollmeier B. Entwicklung und Evaluation eines Satztests für die deutsche Sprache I-III: Design, Optimierung und Evaluation des Oldenburger Satztests. *Z Audiol*, 1999;38(1-3):4-15,44-56,86-95.
- 72 Hagerman B. Some aspects of methodology in speech audiometry. *Scand Audiol Suppl* 1984.;21:1-25.
- 73 Kießling J. Moderne Verfahren der Sprachaudiometrie 1. *Laryngo-Rhino-Otol* 2000;79(11):633-5.
- 74 Auritec Medizindiagnostische Systeme GmbH. Oldenburger Satztest (olsa). (Accessed April 9, 2017, at http://www.auritec.de/uploads/media/Sprachverfahren_DE_olsa_02.pdf).
- 75 HörTech gGmbH. Oldenburger Satztest - Bedienungsanleitung für den manuellen Test auf Audio-CD. Oldenburg. 2011:7,31.
- 76 Mrowinski S, Scholz G. Sprachaudiometrie. Audiometrie: Eine Anleitung für die praktische Hörprüfung. 4th ed. Stuttgart: Thieme 2011:51-62.
- 77 Olze H, Gräbel S, Haupt H, Förster U, Mazurek B. Extra benefit of a second cochlear implant with respect to health-related quality of life and tinnitus. *Otol Neurotol* 2012;33(7):1169-75.
- 78 Horner-Johnson W, Krahn GL, Suzuki R, Peterson JJ, Roid G, Hall T. Differential performance of SF-36 items in healthy adults with and without functional limitations. *Arch Phys Med Rehabil* 2010;91(4):570-5.
- 79 Hinderink JB, Krabbe PF, Van Den Broek P. Development and application of a health-related quality-of-life instrument for adults with cochlear implants: the

Nijmegen cochlear implant questionnaire. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2000;123(6):756-65.

80 Horn KL, McMahon NB, McMahon DC, Lewis JS, Barker M, Gherini S. Functional use of the Nucleus 22-channel cochlear implant in the elderly. *Laryngoscope* 1991;101(3):284-8.

81 Hallam RS. TQ, Manual of the Tinnitus Questionnaire 2008: Revised and updated. London: Polpresa Press 2008.

82 Goebel G, Hiller W. Tinnitus-Fragebogen (TF). Ein Instrument zur Erfassung von Belastung und Schweregrad bei Tinnitus. Handanweisung. Göttingen: Hogrefe 1998.

83 Goebel G, Hiller W. [The tinnitus questionnaire. A standard instrument for grading the degree of tinnitus. Results of a multicenter study with the tinnitus questionnaire]. *HNO* 1994;42:166-72.

84 Levenstein S, Prantera C, Varvo V, Scribano ML, Berto E, Luzi C, Andreoli A. Development of the Perceived Stress Questionnaire: a new tool for psychosomatic research. *J Psychosom Res* 1993;37(1):19-32.

85 Fliege H, Rose M, Arck P, Walter OB, Kocalevent RD, Weber C, Klapp BF. The Perceived Stress Questionnaire (PSQ) reconsidered: validation and reference values from different clinical and healthy adult samples. *Psychosom Med* 2005;67(1):78-88.

86 Kocalevent RD, Levenstein S, Fliege H, Schmid G, Hinz A, Brähler E, Klapp BF. Contribution to the construct validity of the Perceived Stress Questionnaire from a population-based survey. *J Psychosom Res* 2007;63(1):71-81.

87 Carver CS. You want to measure coping but your protocol's too long: consider the brief COPE. *Int J Behav Med* 1997;4(1):92-100.

88 Knoll N. Coping a personality process: How elderly patients deal with cataract surgery. Dissertationsschrift. Freie Universität Berlin 2002

89 Spitzer RL, Kroenke K, Williams JB, Löwe B. A brief measure for assessing generalized anxiety disorder: the GAD-7. *Arch Intern Med* 2006;166(10):1092-7.

90 Robinson CM, Klenck SC, Norton PJ. Psychometric properties of the Generalized Anxiety Disorder Questionnaire for DSM-IV among four racial groups. *Cogn Behav Ther* 2010;39(4):251-61.

91 Kroenke K, Spitzer RL, Williams JB, Monahan PO, Löwe B. Anxiety disorders in primary care: prevalence, impairment, comorbidity, and detection. *Ann Intern Med* 2007;146(5):317-25.

92 Weissman MM, Sholomskas D, Pottenger M, Prusoff BA, Locke BZ. Assessing depressive symptoms in five psychiatric populations: a validation study. *Am J Epidemiol* 1977;106(3):203-14.

- 93 Kowalczyk S. Allgemeine Depressionsskala und Beck Depression Inventar. Seminararbeit. Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig 2008 (Accessed April 9, 2017, at <http://www.grin.com/de/e-book/112149/allgemeine-depressionsskala-und-beck-depression-inventar>).
- 94 Hautzinger M, Bailer M. Allgemeine Depressions Skala. Manual. Göttingen: Beltz Test GmbH 1993.
- 95 Buechner A, Brendel M, Lesinski-Schiedat A, Wenzel G, Frohne-Buechner C, Jaeger B, Lenarz T. Cochlear implantation in unilateral deaf subjects associated with ipsilateral tinnitus. *Otol Neurotol* 2010;31(9):1381-5.
- 96 Firszt JB, Holden LK, Reeder RM, Cowdrey L, King S. Cochlear implantation in adults with asymmetric hearing loss. *Ear Hear* 2012;33(4):521-33.
- 97 Punte AK, DeRidder D, Van de Heyning P. On the necessity of full length electrical cochlear stimulation to suppress severe tinnitus in single-sided deafness. *Hear Res.* 2013;295:24-9.
- 98 Olze, H, Szczepek AJ, Haupt H, Förster U, Zirke N, Gräbel S, Mazurek B. Cochlear implantation has a positive influence on quality of life, tinnitus, and psychological comorbidity. *Laryngoscope* 2011;121(10):2220-7.
- 99 Olze H, Gräbel S, Förster U, Zirke N, Huhnd LE, Haupt H, Mazurek B. Elderly patients benefit from cochlear implantation regarding auditory rehabilitation, quality of life, tinnitus, and stress. *Laryngoscope* 2012;122(1):196-203.
- 100 Olze H, Szczepek AJ, Haupt H, Zirke N, Gräbel S, Mazurek B. The impact of cochlear implantation on tinnitus, stress and quality of life in postlingually deafened patients. *Audiol Neurootol* 2012;17(1):2-11.
- 101 Tyler RS, Parkinson AJ, Wilson BS, Witt S, Preece JP, Noble W. Patients utilizing a hearing aid and a cochlear implant: speech perception and localization. *Ear Hear* 2002;23:98-105.
- 102 Müller J, Schön F, Helms J. Speech understanding in quiet and noise in bilateral users of the MED-EL COMBI 40/40+ cochlear implant system. *Ear Hear* 2002;23(3):198-206.
- 103 Schleich P, Nopp P, D'Haese P. Head shadow, squelch, and summation effects in bilateral users of the MED-EL COMBI 40/40+ cochlear implant. *Ear Hear* 2004;25(3):197-204.
- 104 Van Hoesel RJ, Tyler RS. Speech perception, localization, and lateralization with bilateral cochlear implants. *J Acoust Soc Am* 2003;113(3):1617-30.
- 105 Eapen RJ, Buss E, Adunka MC, Pillsbury HC 3rd, Buchman CA. Hearing-in-noise benefits after bilateral simultaneous cochlear implantation continue to improve 4 years after implantation. *Otol Neurotol*, 2009;30(2):153-9.

- 106 Haensel J, van Treeck W, Westhofen M. Untersuchungen zur Lebensqualität nach Cochlea-Implantation bei postlingual ertaubten Patienten. 7. DGA Jahrestagung 2004; Köln
- 107 Kelsall DC, Shallop JK, Burnelli T. Cochlear implantation in the elderly. *Am J Otol* 1995;16(5):609-15.
- 108 Basura GJ, Eapen R, Buchman CA. Bilateral cochlear implantation: current concepts, indications, and results. *Laryngoscope* 2009;119(12):2395-401.
- 109 Cohen SM, Labadie RF, Dietrich MS, Haynes DS. Quality of life in hearing-impaired adults: the role of cochlear implants and hearing aids. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2004;131(4):413-22.
- 110 Damen GW, Beynon AJ, Krabbe PF, Mulder JJ, Mylanus EA. Cochlear implantation and quality of life in postlingually deaf adults: long-term follow-up. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2007;136(4):597-604.
- 111 Gatehouse S, Noble W. The Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale (SSQ). *Int J Audiol* 2004;43:85-99.
- 112 Dolan P. The effect of experience of illness on health state valuations. *J Clin Epidemiol* 1996;49(5):551-64.
- 113 Baguley DM, Atlas MD. Cochlear implants and tinnitus. *Prog Brain Res* 2007;166:347-55.
- 114 Ramos Á, Polo R, Masgoret E, Artiles O, Lisner I, Zaballos ML, Moreno C, Osorio A. Cochlear implant in patients with sudden unilateral sensorineural hearing loss and associated tinnitus. *Acta Otorrinolaringol Esp* 2012;63(1):15-20.
- 115 Olze H, Zahnert T, Hesse G. [Hearing aids, implantable hearing aids and cochlear implants in chronic tinnitus therapy]. *Hno* 2010;58(10):1004-12.
- 116 Lazarus RS, Folkman S. *The Coping Process: An Alternative to Traditional Formulations. Stress, Appraisal and Coping.* New York: Springer 1984:141-78.
- 117 Knutson JF, Murray KT, Husarak S, Westerhouse K, Woodworth G, Gantz BJ, Tyler RS. Psychological change over 54 months of cochlear implant use. *Ear Hear* 1998;19(3):191-201.
- 118 Mo B, Lindbaek M, Harris S. Cochlear Implants and Quality of Life: A Prospective Study. *Ear Hear* 2005;26(2):186-94.
- 119 Hallberg LR, Ringdahl A, Holmes A, Carver C. Psychological general well-being (quality of life) in patients with cochlear implants: importance of social environment and age. *Int J Audiol* 2005;44(2):706-11.
- 120 Harris JP, Anderson JP, Novak R. An outcomes study of cochlear implants in deaf patients. Audiologic, economic, and quality-of-life changes. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1995;121(4):398-404.

- 121 Morschitzky H. Generalisierte Angststörung-Unkontrollierbare Sorgen. Angststörungen. 6th ed. Wien, New York: Springer 2009:67-77.
- 122 Andersson G, Freijd A, Baguley DM, Idrizbegovic E. Tinnitus distress, anxiety, depression, and hearing problems among cochlear implant patients with tinnitus. *J Am Acad Audiol* 2009;20(5):315-19.
- 123 Seydel C, Haupt H, Szczepek AJ, Klapp BF, Mazurek B. Long-term improvement in tinnitus after modified tinnitus retraining therapy enhanced by a variety of psychological approaches. *Audiol Neurootol* 2010;15(2):69-80.
- 124 Zöger S, Svendlund J, Holgers KM. Psychiatric disorders in tinnitus patients without severe hearing impairment: 24 month follow-up of patients at an audiological clinic. *Audiol* 2001;40(3):133-40.
- 125 Biesinger E, Iro H. Prävalenz psychischer Störungen bei Tinnitus|Psychiatrische Komorbidität bei Tinnitus|HNO Praxis heute|Tinnitus. 1st ed. Heidelberg: Springer 2005:142-3.
- 126 Deutsche Gesellschaft für Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie. Chronischer Tinnitus. S3-Leitlinie 2015 (AWMF-Register Nr. 017/064).
- 127 Grantham DW, Ashmead DH, Ricketts TA, Labadie RF, Haynes DS. Horizontal-plane localization of noise and speech signals by postlingually deafened adults fitted with bilateral cochlear implants. *Ear Hear* 2007;28(4):524-41.
- 128 Sargent EW, Herrmann B, Hollenbeck CS, Bankaitis AE. The minimum speech test battery in profound unilateral hearing loss. *Otol Neurotol* 2001;22(4):480-6.
- 129 Senn P, Kompis M, Vischer M, Haeusler R. Minimum audible angle, just noticeable interaural differences and speech intelligibility with bilateral cochlear implants using clinical speech processors. *Audiol Neurootol* 2005;10(6):342-52.
- 130 Tarpe AM. Unilateral and mild bilateral hearing loss in children: past and current perspectives. *Trends Amplif* 2008;12(1):7-15.
- 131 Raphael K. Recall Bias: A Proposal for Assessment and Control. *Int J Epidemiol* 1987;16(2):167-70.
- 132 Krabbe PF, Hinderink JB, Van den Broek P. The effect of cochlear implant use in postlingually deaf adults. *Int J Technol Assess Health Care* 2000;16(3):864-73.
- 133 Fletcher A, Gore S, Jones D, Fitzpatrick R, Spiegelhalter D, Cox D. Quality of life measures in health care. II: Design, analysis, and interpretation. *BMJ* 1992;305(6862):1145-8.
- 134 Mo B, Harris S, Lindbaek M. Tinnitus in cochlear implant patients: a comparison with other hearing-impaired patients. *Int J Audiol* 2002;41(8):527-34.
- 135 Meis M, Plotz K, Dillier N, Kießling J, Kinkel M, Hessel H. Bilaterale Versorgung mit Hörgeräten und Cochlea Implantaten: Ergebnisse einer

multizentrischen Studie zur (gesundheitsbezogenen) Lebensqualität. 9. DGA Jahrestagung 2006; Köln.

136 Mazurek B, Georgiewa P, Seydel C, Haupt H, Scherer H, Klapp BF, Reissauer A. [Integrated intensive treatment of tinnitus: method and initial results]. Gesundheitswesen 2005;67(7):485-91.

Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Stephanie Dudka, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Hörrehabilitation durch Cochlea Implantation bei einseitiger Ertaubung. Einfluss auf Sprachverstehen, Lebensqualität, psychische Komorbiditäten und Tinnitusbelastung.“ selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung (siehe „Uniform Requirements for Manuscripts (URM)“ des ICMJE -www.icmje.org) kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) entsprechen den URM (s.o) und werden von mir verantwortet.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§156,161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Hamburg,

Stephanie Dudka

Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Frau Prof. Dr. med. Heidi Olze, Direktorin der HNO-Klinik CVK und CCM, für die Überlassung des interessanten Themas und der Hilfestellung bei der Ausarbeitung der Dissertation.

Des Weiteren möchte ich mich bei Dr. rer. medic. Stefan Gräbel recht herzlich für die unkomplizierte Betreuung bei der Erarbeitung dieses Themas, seine Hilfsbereitschaft und die Erarbeitung der Statistik bedanken.

Weiterhin bedanke ich mich bei dem ZHG e. V., welcher mir ein Doktorandenstipendium gewährte und es mir so möglich machte, die zeitaufwendigen Versuche durchzuführen und zu betreuen.

Herrn Martin Bischoff danke ich für die zahlreichen Erklärungen, die Mitnahme zu den Voruntersuchungen und den Operationen an den Patienten sowie die aufmunternden und motivierenden Worte.

Ich danke meiner Mutter Heidrun Elli Dudka für die Hilfe bei der Formatierung der Arbeit und für das Lesen des Manuskripts.

Ein ganz besonderer Dank gilt meinen Eltern, welche es mir ermöglichten, das Studium der Zahnmedizin zu absolvieren, mich unerlässlich unterstützen, motivierten und mich stets zu Höchstleistungen antrieben. Ohne sie wäre die Anfertigung dieser Arbeit nicht möglich gewesen.