

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

DISSERTATION

Einfluss der Cochlea-Implantat-Versorgung auf Lebensqualität,  
Sprachverstehen, Tinnitusbelastung und psychische  
Komorbiditäten bei Patienten mit Asymmetric Hearing Loss  
(AHL)

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

vorgelegt der Medizinischen Fakultät  
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Bastian Rosner

aus Lutherstadt Eisleben

Datum der Promotion: 18.12.2020

## **Vorwort**

Teilergebnisse der vorliegenden Arbeit wurden bereits im Oktober 2019 bei der Herbsttagung der Arbeitsgemeinschaft Deutschsprachiger Audiologen, Neurootologen und Otologen (ADANO) der Deutschen Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Hals-Chirurgie e.V. in München sowie im Juni 2020 im Journal *Otology & Neurotology* veröffentlicht:

**Häussler, S.-M., Knopke, S., Rosner, B., Graebel, S., Olze, H.** (2019). Einfluss der CI-Versorgung auf die Tinnitusbelastung und Lebensqualität bei einseitiger Ertaubung, asymmetrischem Hörverlust und beidseitiger Ertaubung. *Herbsttagung der Arbeitsgemeinschaft Deutschsprachiger Audiologen, Neurootologen und Otologen (ADANO) der Deutschen Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde e.V.*, München, 17.-18. Oktober 2019.

**Ketterer, M.C., Häussler, S.-M., Hildenbrand, T., Speck, I., Peus, D., Rosner, B., Knopke, S., Graebel, S., Olze, H.** (2020). Binaural Hearing Rehabilitation Improves Speech Perception, Quality of Life, Tinnitus Distress, and Psychological Comorbidities. *Otology & Neurotology*, 41(5), e563-e574.

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>6</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>7</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>9</b>
<b>Kurzzusammenfassung</b>	<b>11</b>
<b>Abstract</b>	<b>13</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>15</b>
<b>1.1 Das Ohr</b>	<b>15</b>
1.1.1 Anatomie und Physiologie des Ohres	16
1.1.2 Erkrankungen des Ohres, Schwerhörigkeit und Taubheit	18
<b>1.2 Cochlea-Implantat-Versorgung</b>	<b>22</b>
1.2.1 Aufbau und Funktionsweise des Cochlea-Implantats	23
1.2.2 Indikationen zur Cochlea-Implantat-Versorgung	25
<b>1.3 Asymmetric Hearing Loss (AHL)</b>	<b>26</b>
1.3.1 Asymmetric Hearing Loss und die Auswirkungen auf Sprachverstehen, Tinnitus, die Lebensqualität sowie Komorbiditäten	27
1.3.2 Allgemeine Versorgungsmöglichkeiten und aktueller Stand der Forschung zur CI-Versorgung bei Asymmetric Hearing Loss	29
<b>2 Zielsetzung</b>	<b>32</b>
<b>3 Patienten und Methodik</b>	<b>33</b>
<b>3.1 Patientenkollektiv</b>	<b>33</b>
<b>3.2 Erfassung der Daten und Matching</b>	<b>34</b>
<b>3.3 Sprachaudiometrische Untersuchungen</b>	<b>36</b>
3.3.1 Versuchsaufbau und -durchführung	37
3.3.2 Oldenburger Satztest	37
3.3.3 Freiburger Einsilbertest	39
<b>3.4 Fragebögen</b>	<b>39</b>
3.4.1 Einschätzung der Lebensqualität	40
3.4.2 Einschätzung von Stressbelastung und Copingmechanismen	43
3.4.3 Einschätzung der Tinnitusbelastung	44
3.4.4 Erfassung des Hörvermögens	45
3.4.5 Erfassung psychischer Komorbiditäten	46
<b>3.5 Statistische Grundlage und Auswertung</b>	<b>47</b>
<b>4 Ergebnisse</b>	<b>48</b>
<b>4.1 Beschreibung der Gesamtkohorte</b>	<b>48</b>
4.1.1 Beschreibung der AHL-Kohorte	48
4.1.2 Beschreibung der DSD-Kohorte	48
<b>4.2 Ergebnisse sprachaudiometrischer Untersuchungen</b>	<b>49</b>
4.2.1 Veränderung der sprachaudiometrischen Ergebnisse innerhalb der AHL-Kohorte	49
4.2.1.1 Veränderung der Ergebnisse des Freiburger Einsilbertests innerhalb der AHL-Kohorte	49

4.2.2	Veränderung der sprachaudiometrischen Ergebnisse innerhalb der DSD-Kohorte	50
4.2.2.1	Veränderung der Ergebnisse des Freiburger Einsilbertests innerhalb der DSD-Kohorte	50
4.2.3	Vergleich der sprachaudiometrischen Ergebnisse zwischen AHL- und DSD-Kohorte ein halbes Jahr postoperativ	50
4.2.3.1	Vergleich der Ergebnisse des Oldenburger Satztests zwischen AHL- und DSD-Kohorte ein halbes Jahr postoperativ	51
4.2.3.2	Vergleich der Ergebnisse des Freiburger Einsilbertests zwischen AHL- und DSD-Kohorte ein halbes Jahr postoperativ	52
<b>4.3</b>	<b>Ergebnisse der Fragebögen</b>	<b>52</b>
4.3.1	Ergebnisse der Auswertungen zur Lebensqualität	52
4.3.1.1	Veränderung der Lebensqualität innerhalb der AHL-Kohorte	53
4.3.1.2	Veränderung der Lebensqualität innerhalb der DSD-Kohorte	54
4.3.1.3	Vergleich der Lebensqualität zwischen AHL- und DSD-Kohorte prä- und ein halbes Jahr postoperativ	56
4.3.2	Ergebnisse der Auswertungen zu Stressbelastung und Copingmechanismen	59
4.3.2.1	Veränderung von Stressbelastung und Copingmechanismen innerhalb der AHL-Kohorte	59
4.3.2.2	Veränderung von Stressbelastung und Copingmechanismen innerhalb der DSD-Kohorte	60
4.3.2.3	Vergleich von Stressbelastung und Copingmechanismen zwischen AHL- und DSD-Kohorte prä- und ein halbes Jahr postoperativ	61
4.3.3	Ergebnisse der Auswertungen zur Tinnitusbelastung	63
4.3.3.1	Veränderung der Tinnitusbelastung innerhalb der AHL-Kohorte	63
4.3.3.2	Veränderung der Tinnitusbelastung innerhalb der DSD-Kohorte	63
4.3.3.3	Vergleich der Tinnitusbelastung zwischen AHL- und DSD-Kohorte prä- und ein halbes Jahr postoperativ	64
4.3.4	Ergebnisse der Auswertungen zum Hörvermögen	65
4.3.4.1	Veränderung des Hörvermögens innerhalb der AHL-Kohorte	65
4.3.4.2	Veränderung des Hörvermögens innerhalb der DSD-Kohorte	66
4.3.4.3	Vergleich des Hörvermögens zwischen AHL- und DSD-Kohorte prä- und ein halbes Jahr postoperativ	66
4.3.5	Ergebnisse der Auswertungen zu psychischen Komorbiditäten	67
4.3.5.1	Veränderung psychischer Komorbiditäten innerhalb der AHL-Kohorte	67
4.3.5.2	Veränderung psychischer Komorbiditäten innerhalb der DSD-Kohorte	68
4.3.5.3	Vergleich psychischer Komorbiditäten zwischen AHL- und DSD-Kohorte prä- und ein halbes Jahr postoperativ	68
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>70</b>
<b>5.1</b>	<b>Ergebnisse sprachaudiometrischer Untersuchungen</b>	<b>71</b>
5.1.1	Veränderung des Freiburger Einsilbertests	71
5.1.2	Veränderung des OLSA	72
<b>5.2</b>	<b>Ergebnisse der Fragebögen</b>	<b>74</b>

5.2.1	Veränderung des subjektiv erfassten Hörvermögens	74
5.2.2	Veränderung der Lebensqualität	75
5.2.3	Veränderung von Stresserleben und Copingmechanismen	79
5.2.4	Veränderung der Tinnitusbelastung	82
5.2.5	Veränderung psychischer Komorbiditäten	84
<b>5.3</b>	<b>Methodik</b>	<b>87</b>
5.3.1	Demographische Daten und Patientenkohorte	87
5.3.2	Sprachaudiometrische Untersuchungen	88
5.3.3	Fragebögen	89
<b>6</b>	<b>Schlussfolgerung</b>	<b>92</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>94</b>
	<b>Eidesstattliche Versicherung</b>	<b>103</b>
	<b>Anteilerklärung an etwaigen erfolgten Publikationen</b>	<b>104</b>
	<b>Lebenslauf</b>	<b>105</b>
	<b>Publikationsliste</b>	<b>107</b>
	<b>Danksagung</b>	<b>108</b>

## Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1:</b> Hörorgan. Übersicht. Schiebler TH, Korf HW. Anatomie. 10. Auflage. 2007. Seite 704.....	15
<b>Abbildung 2:</b> Schema von Mittelohr und Cochlea. Schmidt R, Lang F. Physiologie des Menschen. 2007. Seite 349 .....	17
<b>Abbildung 3:</b> Querschnitt durch die Cochlea. Schmidt R, Lang F. Physiologie des Menschen. 2007. Seite 351 .....	17
<b>Abbildung 4:</b> Topographisch-funktionelle Einteilung der Schwerhörigkeit. Zahnert T. The differential diagnosis of hearing loss. Deutsches Ärzteblatt. 2011. Seite 433-43... 19	
<b>Abbildung 5:</b> Übersicht der Ursachen akuter Schallempfindungsschwerhörigkeiten. Schulze A, Zahnert T. Differential Diagnosis of Hearing Disorders. Laryngorhinootologie 2014.....	21
<b>Abbildung 6:</b> Prinzipieller Aufbau eines Cochlea-Implantat-Systems. Mühler R, Ziese M. Technischer Leitfaden Cochlea Implantat. Universitäts-HNO-Klinik Magdeburg. 2010.....	24
<b>Abbildung 7:</b> Komponenten eines Cochleaimplantatsystems. Büchner A, Gärtner L. Technische Entwicklungen bei Cochleaimplantaten - Stand der Technik. HNO 2017;4:276-89.....	24
<b>Abbildung 8:</b> Adaptive Pegeländerungen für die Durchführung des OLSA. HörTech gGmbH Oldenburg. Oldenburger Satztest - Adaptive Sprachaudiometrie mit Sätzen in Ruhe und im Störgeräusch. Bedienungsanleitung. 2011. Seite 17 .....	38
<b>Abbildung 9:</b> Diagramm zur Entwicklung des NCIQ. Hinderink et al. 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 Dec;12.....	41
<b>Abbildung 10:</b> M Evers. Körperliche und psychische Summenskala. Einfluss der durch eine Cochlea Implantation veränderten Tinnitus-Belastung auf Sprachverstehen, Lebensqualität und Komorbiditäten. 2016.....	42
<b>Abbildung 11:</b> Vergleich der postoperativen Ergebnisse des OLSA zwischen AHL & DSD .....	51
<b>Abbildung 12:</b> Vergleich der postoperativen Ergebnisse des Freiburger Einsilbertests zwischen AHL & DSD .....	52

## **Tabellenverzeichnis**

<b>Tabelle 1:</b> Klassifizierung der Schwerhörigkeit nach dem Ort der Störung und ihrer Pathogenese. Modifiziert nach Schulze A, Zahnert T. Differenzialdiagnostik der Hörstörungen. Laryngorhinootology. 2014.....	19
<b>Tabelle 2:</b> Übersicht verschiedener Ursachen von Schalleitungsstörungen in Abhängigkeit vom otoskopischen Trommelfellbefund. Nach Schulze A, Zahnert T. Differential Diagnosis of Hearing Disorders. Laryngorhinootologie. 2014. ....	20
<b>Tabelle 3:</b> Nach Mudry A, Mills M. The Early History of the Cochlear Implant. A Retrospective Study. JAMA Otolaryngol Head Neck Surg. 2013.....	23
<b>Tabelle 4:</b> Gruppenzugehörigkeit anhand der Ertaubungsdauer im Rahmen des Matching-Prozesses .....	34
<b>Tabelle 5:</b> Gruppenzugehörigkeit und tolerierte Ertaubungsdauerabweichung zwischen den Matchingpartnern .....	34
<b>Tabelle 6:</b> Matchingpartner für Ertaubungsdauer 0-2 Jahre (Alter und Ertaubungsdauer in Jahren).....	35
<b>Tabelle 7:</b> Matchingpartner für Ertaubungsdauer > 2-10 Jahre (Alter und Ertaubungsdauer in Jahren).....	35
<b>Tabelle 8:</b> Matchingpartner Ertaubungsdauer > 10 Jahre (Alter und Ertaubungsdauer in Jahren).....	36
<b>Tabelle 9:</b> Ergebnisse des Freiburger Einsilbertests innerhalb der AHL-Kohorte.....	49
<b>Tabelle 10:</b> Ergebnisse des Freiburger Einsilbertests innerhalb der DSD-Kohorte .....	50
<b>Tabelle 11:</b> Ergebnisse des NCIQ innerhalb der AHL-Kohorte .....	53
<b>Tabelle 12:</b> Ergebnisse des SF-36 innerhalb der AHL-Kohorte.....	54
<b>Tabelle 13:</b> Ergebnisse des NCIQ innerhalb der DSD-Kohorte.....	55
<b>Tabelle 14:</b> Ergebnisse des SF-36 innerhalb der DSD-Kohorte .....	56
<b>Tabelle 15:</b> Vergleich der NCIQ-Ergebnisse zw. AHL & DSD präoperativ .....	57
<b>Tabelle 16:</b> Vergleich der NCIQ-Ergebnisse zw. AHL & DSD postoperativ.....	57
<b>Tabelle 17:</b> Vergleich der SF-36-Ergebnisse zw. AHL & DSD präoperativ .....	58
<b>Tabelle 18:</b> Vergleich der SF-36-Ergebnisse zw. AHL & DSD postoperativ.....	59
<b>Tabelle 19:</b> Ergebnisse des PSQ innerhalb der AHL-Kohorte.....	60
<b>Tabelle 20:</b> Ergebnisse des Brief-COPE innerhalb der AHL-Kohorte.....	60
<b>Tabelle 21:</b> Ergebnisse des PSQ innerhalb der DSD-Kohorte .....	60
<b>Tabelle 22:</b> Ergebnisse des Brief-COPE innerhalb der DSD-Kohorte .....	61
<b>Tabelle 23:</b> Vergleich der PSQ-Ergebnisse zw. AHL & DSD präoperativ.....	61

<b>Tabelle 24:</b> Vergleich der PSQ-Ergebnisse zw. AHL & DSD postoperativ .....	62
<b>Tabelle 25:</b> Vergleich der Brief-COPE-Ergebnisse zwischen AHL & DSD präoperativ	62
<b>Tabelle 26:</b> Vergleich der Brief-COPE-Ergebnisse zwischen AHL & DSD postoperativ .....	62
<b>Tabelle 27:</b> Ergebnisse des TF innerhalb der AHL-Kohorte .....	63
<b>Tabelle 28:</b> Ergebnisse des TF innerhalb der DSD-Kohorte .....	64
<b>Tabelle 29:</b> Vergleich der TF-Ergebnisse zwischen AHL & DSD präoperativ.....	64
<b>Tabelle 30:</b> Vergleich der TF-Ergebnisse zwischen AHL & DSD postoperativ .....	65
<b>Tabelle 31:</b> Ergebnisse des OI innerhalb der AHL-Kohorte.....	66
<b>Tabelle 32:</b> Ergebnisse des OI innerhalb der DSD-Kohorte .....	66
<b>Tabelle 33:</b> Vergleich der OI-Ergebnisse zwischen AHL & DSD präoperativ .....	66
<b>Tabelle 34:</b> Vergleich der OI-Ergebnisse zwischen AHL & DSD postoperativ.....	67
<b>Tabelle 35:</b> Ergebnisse des ADS-L innerhalb der AHL-Kohorte.....	67
<b>Tabelle 36:</b> Ergebnisse des GAD innerhalb der AHL-Kohorte.....	68
<b>Tabelle 37:</b> Ergebnisse des ADS-L innerhalb der DSD-Kohorte .....	68
<b>Tabelle 38:</b> Ergebnisse des GAD innerhalb der DSD-Kohorte .....	68
<b>Tabelle 39:</b> Vergleich der ADS-L-Ergebnisse zwischen AHL & DSD präoperativ .....	68
<b>Tabelle 40:</b> Vergleich der ADS-L-Ergebnisse zwischen AHL & DSD postoperativ.....	69
<b>Tabelle 41:</b> Vergleich der GAD-Ergebnisse zwischen AHL & DSD präoperativ .....	69
<b>Tabelle 42:</b> Vergleich der GAD-Ergebnisse zwischen AHL & DSD postoperativ.....	69



## **Abkürzungsverzeichnis**

ADS-L	Allgemeine Depressionsskala (Langform)
AHL	Asymmetric Hearing Loss
allg.	allgemein
BAHS	Bone Anchored Hearing System
BiCROS	Bilateral Contralateral Routing of Signal
Brief-COPE	Brief Coping Orientation to Problems Experienced Inventory
CD	Compact Disc
CES-D	Center for Epidemiological Studies Depression Scale
CI	Cochlea-Implantat/Cochlea Implantation
CROS	Contralateral Routing of Signal
dB	Dezibel
Diff.	Differenz
DIN	Deutsches Institut für Normung
DSD	Double-sided Deafness
DSM-IV	Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fourth Edition
e.V.	eingetragener Verein
FE	Freiburger Einsilbertest
GAD-7	Generalized Anxiety Disorder (Test)
Ggf.	gegebenenfalls
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
HL	Hearing Level
HNO	Hals-Nasen-Ohren
HRQoL	Health-related Quality of Life
Hz	Hertz
kHz	Kilohertz
Körp.	Körperlich
Max.	Maximum
Min.	Minimum
MW	Mittelwert
N.	Nervus
NCIQ	Nijmegen Cochlear Implant Questionnaire
OI	Oldenburger Inventar
OLSA	Oldenburger Satztest

p	Signifikanzwert, p-Wert
postop.	postoperativ
präop.	präoperativ
PSQ	Perceived Stress Questionnaire
Psych.	psychisch
QoL	Quality of Life
S0N0	Sprache und Störgeräusch von vorn
SD	Standard deviation
SF-36	Medical Outcome Study Short Form-36
S/N	Störgeräusch/Nutzschall
SPHL	Severe to profound sensorineural Hearing Loss
SPL	Schalldruckpegel
SSD	Single-sided Deafness
SSP	Sprachschallpegel
SSQ	Spatial and Quality of Hearing Scale
SVS	Sprachverständlichkeitsschwelle
TF	Tinnitus-Fragebogen
TQ	Tinnitus Questionnaire
UCSF	University of California, San Francisco
USA	United States of America
WHO	World Health Organization
ZNS	Zentrales Nervensystem

## **Kurzzusammenfassung**

Einleitung: Die Versorgung mit Cochlea-Implantaten (CI) stellt ein erfolgreiches und etabliertes Verfahren zur Behandlung hochgradig höreingeschränkter Personen dar. Der Großteil der Forschungsarbeiten beschäftigte sich bisher mit der Untersuchung von „Double-sided Deafness“(DSD)-Patienten. Nur wenige Studien betrachteten die Gruppe der „Asymmetric Hearing Loss“(AHL)-Patienten, so dass die Datenlage bezüglich postoperativer Performance hier bislang unzureichend blieb. Ziel dieser Arbeit war die prä- und postoperative komplexe Evaluation von Lebensqualität, Sprachverstehen, Tinnitusbelastung und psychischer Komorbiditäten zweier vergleichbarer Kohorten von DSD- und AHL-Patienten.

Methodik: In die vorliegende prospektive Studie wurden 45 postlingual ertaubte AHL-Patienten eingeschlossen. Zudem wurden die Daten mit einer nach Alter und Ertaubungsdauer ähnlichen Vergleichsgruppe von 45 postlingual ertaubten DSD-Patienten gematcht. Eine Untersuchung des Sprachverstehens fand mittels Freiburger Einsilbertest (FE) sowie Oldenburger Satztest (OLSA) statt. Zur Bewertung des Hörvermögens mittels Fragebogen wurde das Oldenburger Inventar (OI) verwendet. Veränderungen der gesundheitsbezogenen Lebensqualität wurden mittels Nijmegen Cochlear Implantation Questionnaire (NCIQ) und dem SF-36-Fragebogen (SF-36) analysiert. Zusätzlich wurden zur Untersuchung der Tinnitusbelastung der Tinnitus-Fragebogen (TF), zur Untersuchung des subjektiven Stresserlebens der Perceived Stress Questionnaire (PSQ) und zur Analyse von Copingstrategien der Brief-COPE-Fragebogen (Brief-COPE) angewandt. Zum Erfassen psychischer Komorbiditäten wurden der General Anxiety Disorder-7-Fragebogen (GAD-7) sowie die Allgemeine Depressionsskala (ADS-L) ausgewertet.

Ergebnisse: Die CI-Versorgung führte in der AHL-Kohorte zu einer signifikanten Verbesserung des Sprachverstehens in Ruhe ( $p = 0,0449$ ). Im Störschall zeigte sich im Vergleich zur DSD-Kohorte ebenfalls ein signifikant besseres Sprachverständnis ( $p = 0,0494$ ). Das Hörvermögen wurde im OI nach Implantation in der AHL-Kohorte sowohl gegenüber den präoperativen Ergebnissen als auch gegenüber der DSD-Vergleichsgruppe signifikant besser bewertet. Die Tinnitusbelastung verringerte sich postoperativ innerhalb der AHL-Kohorte signifikant ( $p = 0,0058$ ). In Bezug auf

Lebensqualität, Copingstrategien, Stressbelastung sowie Symptome für Angsterkrankungen und Depression konnten postoperative Verbesserungstrends gezeigt werden. Diese erwiesen sich als nicht signifikant.

Schlussfolgerung: Die CI-Versorgung von Patienten mit Asymmetric Hearing Loss stellt eine effektive und erfolgreiche Therapie zur Restitution einer binauralen Hörsituation dar. Hierdurch kommt es neben Verbesserungen beim Hörvermögen und Sprachverstehen zu einem positiven Effekt auf Komorbiditäten wie Tinnitus und psychische Begleiterkrankungen und zur Verbesserung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität.

## **Abstract**

Introduction: Cochlear implants (CI) are a successful and well-established treatment option for patients with severe to profound sensorineural hearing loss (SPHL). So far, most of the research has been focused on patients with double-sided deafness (DSD). Only few studies dealt with patients with asymmetric hearing loss (AHL) in particular. Thus, data on postoperative performance of this latter group is still rather scarce. The present study aimed to analyse and appraise the pre- and postoperative performance outcomes in two comparable groups of adult patients with AHL and DSD focusing on health-related quality of life (QoL), speech recognition, tinnitus distress and psychological comorbidities.

Methods: In a first step, 45 AHL patients with postlingual onset of SPHL were included. Then, data of a matched group of 45 DSD patients with postlingual onset of SPHL was collected and included as well. Speech recognition was evaluated by using the Freiburger Einsilbertest (FE), the Oldenburger Satztest (OLSA) and – to provide a third subjective assessment of hearing abilities – the Oldenburger Inventar (OI). To measure quality of life, patients completed the Nijmegen Cochlear Implant Questionnaire (NCIQ) and the SF-36. Additionally, results of the Tinnitus Questionnaire (TQ), the Perceived Stress Questionnaire (PSQ) and the Brief-COPE test were analysed to detect differences in tinnitus distress, stress level and used coping strategies before and after CI. To appraise psychological comorbidities, data from the General Anxiety Disorder test (GAD-7) and the Allgemeine Depressionsskala (ADS-L) was collected.

Results: After CI, AHL patients had significantly improved speech recognition in quiet environments ( $p = 0.0449$ ). Also, speech understanding in noise was significantly improved compared to DSD patients ( $p = 0.0494$ ). After implantation, AHL patients assessed their hearing abilities significantly better compared to the preoperative situation. Tinnitus distress in the AHL cohort improved significantly after CI ( $p = 0.0058$ ). In regard to QoL, coping strategies (Brief-COPE), experienced stress levels and symptomatology of anxiety and depression (GAD-7, ADS-L) there were no significant findings but trends towards more positive results postoperatively.

Conclusion: CI provide an effective and successful treatment option for patients with asymmetric hearing loss. No other treatment in terms of auditory rehabilitation delivers comparable results towards a complete restoration of binaural hearing. Besides better hearing and speech recognition, patients also described positive effects on comorbidities such as tinnitus and psychological strains, leading to a better quality of life in general.

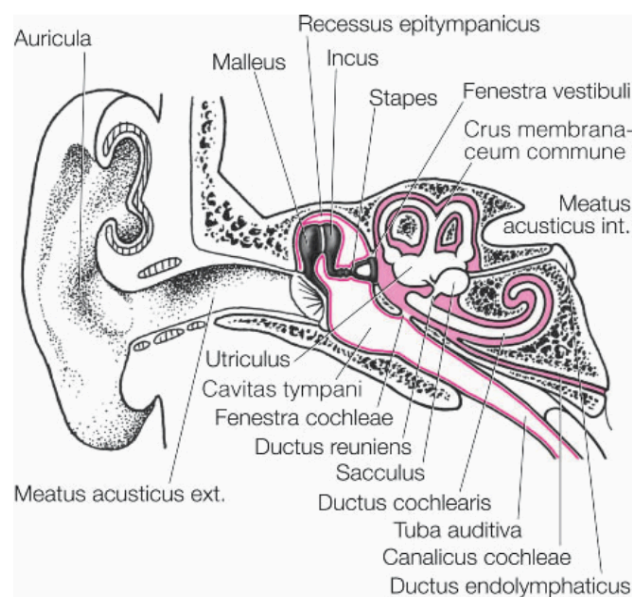
# 1 Einleitung

## 1.1 Das Ohr

Das Ohr gehört zu den Sinnesorganen des Menschen und dient der Aufnahme von Schallsignalen. Zusammen mit dem Hörnerv und den für die akustische Verarbeitung und Weiterleitung verantwortlichen ZNS-Bestandteilen bildet es das Hörsystem und ermöglicht uns somit die auditive Wahrnehmung, das Hören.

Das menschliche Ohr umfasst dabei alle anatomischen Strukturen, die dem Hören und Gleichgewicht dienen und somit für die Orientierung im Raum sowie die zwischenmenschliche Kommunikation notwendig sind.<sup>(1)</sup> Es bildet die Grundlage für die menschliche Sprache und das Zusammenleben und Interagieren mit anderen.

Erkrankungen des Ohres, welche zu den häufigsten Erkrankungen des Menschen überhaupt gehören, stellen hierdurch eine große Herausforderung für die moderne Medizin dar, da sie nicht nur ein gesundheitliches Risiko für den Patienten mit sich bringen, sondern auch zu sozialer und gesellschaftlicher Ausgrenzung führen und somit oft mit großen Einschränkungen im täglichen Leben vergesellschaftet sind.<sup>(2,3)</sup> Eine frühzeitige medizinische Versorgung und intensive Betreuung von langfristig höreingeschränkten Patienten ist deshalb ein wichtiger Bestandteil der modernen HNO-Heilkunde, wodurch Hörgeräte und Cochlea-Implantate (CI) aus der heutigen Zeit nicht mehr wegzudenken sind.



**Abbildung 1: Hörorgan. Übersicht. Schiebler TH, Korf HW. Anatomie. 10. Auflage. 2007. Seite 704**

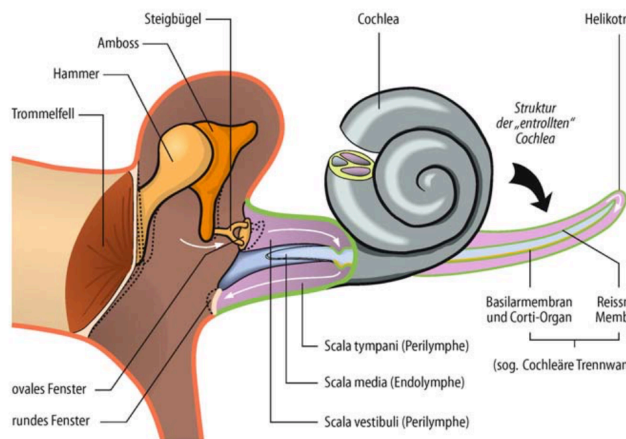
### 1.1.1 Anatomie und Physiologie des Ohres

Neben dem äußeren Ohr, welches den Schalltrichter für das Hörorgan darstellt, besteht das menschliche Ohr aus dem Mittelohr mit der Gehörknöchelchenkette und dem Innenohr mit dem Hör- und Gleichgewichtsorgan.<sup>(4)</sup>

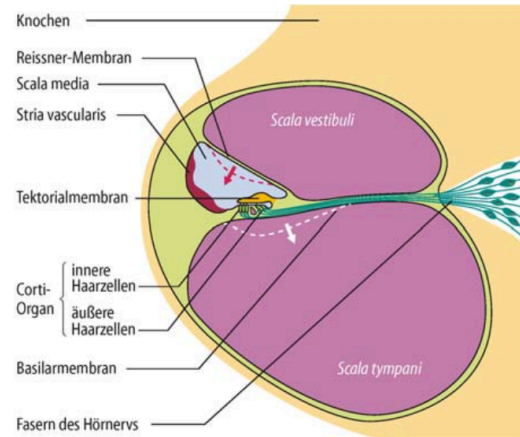
Von der Ohrmuschel ausgehend werden die aufgenommenen Schallsignale durch den äußeren Gehörgang (Meatus acusticus externus) zum Trommelfell (Membrana tympani) geleitet, welches die Grenze vom äußeren zum Mittelohr darstellt. Durch die akustischen Signale in Schwingungen versetzt, leitet die Membrana tympani eben diese über die miteinander verbundenen Gehörknöchelchen - Hammer, Amboss und Steigbügel - durch den luftgefüllten Raum der Paukenhöhle (Cavum tympani) an das ovale Fenster (Fenestra vestibuli) weiter. Dieses bildet die Grenze zum Innenohr und somit den Übertritt der Schallwellen vom Medium Luft zum Medium Perilymphe.<sup>(4)</sup> Für diesen Übertritt ist im Bereich des Mittelohres eine Impedanzanpassung notwendig, welche durch verschiedene Mechanismen erreicht wird: Zum einen sind die Gehörknöchelchen anatomisch so geformt, dass sie die Reflexion von Schall im Bereich des Mittelohres verringern, zum anderen kommt durch die Gehörknöchelchenkette eine Hebelwirkung zum Tragen, wodurch die Steigbügelfußplatte eine größere Kraft auf das ovale Fenster ausübt als die am Trommelfell erzeugte Ursprungskraft. Einen weiteren wichtigen Faktor stellt die Fläche der Steigbügelplatte dar. Diese ist deutlich kleiner als die Fläche des Trommelfells, wodurch eine zusätzliche Druckerhöhung auf das Innenohr erreicht wird ( $\text{Druck} = \text{Kraft}/\text{Fläche}$ ).<sup>(5)</sup>

Das Innenohr (Auris interna) beherbergt die Sinnesorgane des Ohres und somit in verschiedenen Abschnitten die Epithelien und Neuronen für Hör- und Gleichgewichtssinn.<sup>(4)</sup> Der Bereich des Hörorgans gliedert sich wiederum in Cochlea (Hörschnecke), Ductus cochlearis und Organum spirale (Corti-Organ).





**Abbildung 2: Schema von Mittelohr und Cochlea. Schmidt R, Lang F. Physiologie des Menschen. 2007. Seite 349**



**Abbildung 3: Querschnitt durch die Cochlea. Schmidt R, Lang F. Physiologie des Menschen. 2007. Seite 351**

Die Cochlea, welche den Teil des Ohres darstellt, der für die Schallverarbeitung verantwortlich ist, gliedert sich in zwei mit Perilymphe (natriumreich) gefüllte Bereiche (Scala vestibuli und Scala tympani) und die mit Endolymphe (kaliumreich) gefüllte Scala media. Letztere beherbergt das Corti-Organ, das die Schnittstelle zur Transduktion der mechanischen Schallwellen in elektrische und chemische Signale bildet. Schallwellen, welche vom Mittelohr über das ovale Fenster auf die Perilymphe der Scala vestibuli übertragen werden, versetzen diese und als Folge auch die benachbarte Reissner-Membran sowie Scala media, Scala tympani und Corti-Organ in Schwingungen. Es entsteht eine sogenannte Wanderwelle, welche - je nach Frequenz der ankommenden Schallsignale - ihre Amplitude an spezifischen Bereichen des Corti-Organ ausbildet. In diesen Bereichen kommt es durch die Relativbewegungen zwischen den einzelnen Membranen der Cochlea zum Abscheren der in die Tektorialmembran des Corti-Organ eingelagerten Stereozilien der äußeren Haarzellen, welche wiederum den ankommenden Reiz verstärken und die inneren Haarzellen stimulieren. In seiner Gesamtheit führt das beschriebene Erregungsmuster zum adäquaten Reiz für die inneren Haarzellen, so dass ein Einstrom von Kaliumionen aus der Endolymphe in die Sinneszellen beginnt und diese dadurch depolarisiert werden. Durch die Depolarisation wird auf der entgegengesetzten Seite der Haarzellen der Transmitter Glutamat freigesetzt, welcher in den synaptischen Spalt zwischen Haarzellen und afferenten Nervenfasern des ZNS diffundiert und dort ein postsynaptisches Aktionspotential auslöst, das über den Hörnerv über mindestens fünf bis sechs hintereinandergeschaltete Neurone zum Hirnstamm weitergeleitet wird.<sup>(5)</sup>

Das Gleichgewichtsorgan (Vestibularorgan), welches sich ebenfalls im Innenohr befindet, soll an dieser Stelle nur kurz Erwähnung finden, da es zwar für einen Großteil der Erkrankungen des Ohres mitverantwortlich ist, aber keinen Einfluss auf den eigentlichen Hörvorgang hat. Es gliedert sich in Sacculus, Utriculus und die drei Bogengänge. Die Sinnesfelder von Sacculus und Utriculus - die Maculae - beherbergen Haarzellen, welche mit ihren Zilien in eine gallertige Deckmembran hineinragen. Diese Deckmembran (Membrana statoconiorum) enthält Kalkkonkremente, die sogenannten Statoconia oder Statolithen. Die Sinnesfelder der drei Bogengänge befinden sich an deren Einmündungen in den Utriculus und werden Cristae ampullares genannt. Durch Kopfbewegungen wird die Endolymphe in Sacculus, Utriculus und Bogengangsystem beschleunigt und somit die durch die Statolithen schwerere Gallerte im Bereich der Maculae in Bewegung versetzt. Dies aktiviert die Zilien der Sinneszellen (Mechanorezeptoren). Bei Drehbewegungen des Kopfes ohne Schwerkraftwirkung werden hingegen die Sinnesfelder der Cristae ampullares aktiviert. In seiner Gesamtheit ermöglicht dieses Aktivierungsmuster durch die Lage der Bogengänge im 45°-Winkel zur frontalen, vertikalen und horizontalen Körperebene die lückenlose Orientierung im Raum.<sup>(4)</sup>

### **1.1.2 Erkrankungen des Ohres, Schwerhörigkeit und Taubheit**

Unter Schwerhörigkeit (Hypakusis) versteht man eine Verminderung der Hörfähigkeit im weitesten Sinne, beginnend von subjektiv kaum empfundenen Hörstörungen bis hin zur Gehörlosigkeit.<sup>(6)</sup>

Die Einteilung der Schwerhörigkeit ist nicht einheitlich, so dass sich mit der Zeit mehrere Klassifikationssysteme entwickelt haben. Nach T. Zahnert lassen sich Einteilungen nach der Lokalisation im Hörsystem, der Art der Signalverarbeitung, dem Schweregrad, dem zeitlichen Verlauf, dem Verlauf der Hörschwelle im Reintonaudiogramm, dem Patientenalter und der auslösenden Ursache unterscheiden.<sup>(7)</sup> Im Folgenden sollen die Unterteilung nach Art der

Schallsignalverarbeitung sowie nach Schweregrad kurz vorgestellt werden:

Nach Art der Schallsignalverarbeitung unterscheidet man primär zwischen Schallleitungs-, Schallempfindungs- und Schallverarbeitungsstörungen. Hierbei sind jeweils verschiedene Bereiche des Ohres bzw. Hörorgans betroffen (siehe Abbildung 4).

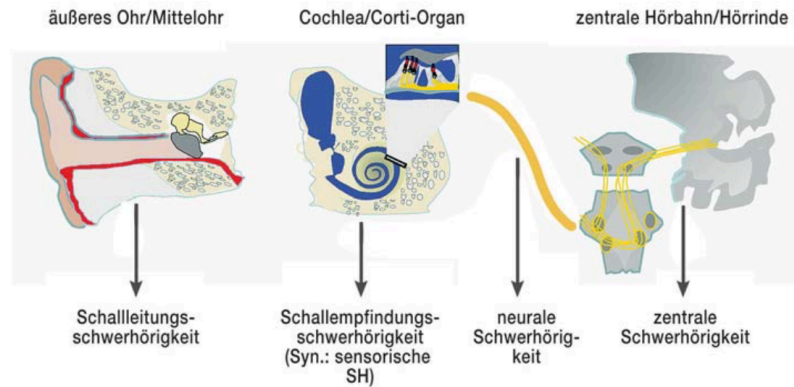


Abbildung 4: Topographisch-funktionelle Einteilung der Schwerhörigkeit. Zahnert T. The differential diagnosis of hearing loss. Deutsches Ärzteblatt. 2011. Seite 433-43

Anhand des Ortes lassen sich verschiedene Pathogenesen für Hörstörungen ableiten (siehe Tabelle 1).

Klassifikation	Ort der Störung bzw. Pathogenese
<b>Schalleitungsschwerhörigkeit</b>	akustomechanische Einschränkung
<b>Schallempfindungs-, sensorische/cochleäre oder Innenohrschwerhörigkeit</b>	gestörte mechanoelektrische Transduktion, gestörte synaptische Umwandlung in ein Hörnervensignal innerhalb der Cochlea
<b>neurale Schwerhörigkeit</b>	Dysfunktion im Bereich der neuralen Reizweiterleitung
<b>zentrale Schwerhörigkeit, insbesondere auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörung</b>	Dysfunktion von Afferenzen und Efferenzen im Bereich des auditiven Kortex

Tabelle 1: Klassifizierung der Schwerhörigkeit nach dem Ort der Störung und ihrer Pathogenese. Modifiziert nach Schulze A, Zahnert T. Differenzialdiagnostik der Hörstörungen. Laryngorhinootology. 2014.

Darüber hinaus ist auch eine Einteilung der Schwerhörigkeit nach dem Ausmaß des mittleren Hörverlustes im Reintonaudiogramm möglich. Hierbei unterscheidet man nach der WHO 5 Gruppen anhand des Grades der Schwerhörigkeit:

- Grad 0 (normalhörig, Hörverlust 25 dB oder weniger)
- Grad 1 (geringgradige Schwerhörigkeit, Hörverlust 26-40 dB)
- Grad 2 (mittelgradige Schwerhörigkeit, Hörverlust 41-60 dB)
- Grad 3 (hochgradige Schwerhörigkeit, Hörverlust 61-80 dB)
- Grad 4 (Hörreste oder Taubheit, Hörverlust 81 dB oder mehr)

Den Schalleitungsstörungen liegt – wie in Tabelle 1 aufgezeigt – eine akustomechanische Störung der Schallübertragung zugrunde.<sup>(8)</sup> Diese Störung tritt im

Bereich des äußeren Gehörgangs, am Übergang vom äußeren zum Mittelohr (Trommelfell) bzw. im Mittelohr selbst, auf. Als Folge kommt es zu einer allgemeinen Verringerung der Schallintensität. Darüber hinaus führen Störungen im Bereich des Trommelfells und des Mittelohrs zusätzlich zu einer Frequenzveränderung des Schallsignals. Diese kann sowohl als Dämpfung als auch als Verstärkung bestimmter Frequenzbereiche auftreten. Als Ursachen für Schalleitungsstörungen kommen aufgrund der Komplexität des Schalleitungsapparates verschiedenste Grunderkrankungen in Frage (siehe Tabelle 2), da letztlich jeder Bestandteil des Apparates betroffen sein kann.<sup>(8)</sup> Störungen können permanent oder temporär auftreten und entweder operativ beseitigt oder mit einem Hörsystem behandelt werden. Welche Therapie die richtige ist, kann oft nur individuell in Abhängigkeit von der Lokalisation der Schalleitungsstörung, der konkreten Ursache, aber auch vom Alter des Patienten, von Begleiterkrankungen und der sozialen bzw. beruflichen Situation (Kommunikationsumfeld, Compliance) sowie dem zu erwartenden Langzeiterfolg entschieden werden.<sup>(7)</sup>

	Mit pathologischem Befund	Ohne pathologischen Befund
<b>temporär</b>	Gehörgang: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cerumen obturans</li> <li>- Otitis externa, Gehörgangsfurunkel</li> <li>- Fremdkörper</li> <li>- Gehörgangstumor</li> </ul> <hr/> Mittelohr: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Akute Otitis media</li> <li>- Myringitis</li> <li>- Tubendysfunktion mit Sero-/Mukotympanon oder klaffende Tube</li> <li>- Laterobasisfraktur</li> <li>- Trommelfellverletzung</li> </ul>	
<b>permanent</b>	Gehörgang: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gehörgangstenose, -atresie</li> <li>- Exostosen</li> <li>- Postinflammatorische Stenose (PIMMF)</li> </ul> <hr/> Mittelohr: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Chronische Otitis media mesotympanalis</li> <li>- Cholesteatom</li> <li>- Tubendysfunktion mit Mukotympanon</li> <li>- Implantatdislokation</li> <li>- Tympanosklerose</li> <li>- Glomus-tympanicus-Tumor</li> </ul>	Mittelohr: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Implantatdislokation</li> <li>- Otosklerose</li> <li>- Hammerkopffixation</li> <li>- Felsenbeintumor</li> <li>- Aseptische Nekrose des distalen Ambossschenkels, Kettenluxation, -defekt</li> <li>- Mittelohrfehlbildung</li> </ul>

**Tabelle 2: Übersicht verschiedener Ursachen von Schalleitungsstörungen in Abhängigkeit vom otoskopischen Trommelfellbefund. Nach Schulze A, Zahnert T. Differential Diagnosis of Hearing Disorders. Laryngorhinootologie. 2014.**

Einer Schallempfindungsschwerhörigkeit (auch cochleäre oder sensorische Schwerhörigkeit) liegt eine Störung der mechanoelektrischen Transduktion im Innenohr zugrunde, welche verschiedenste Ursachen haben kann (Abbildung 5). Diese Störungen treten vor allem im Bereich des Corti-Organ – hier meist im Bereich der äußeren Haarzellen – auf. Des Weiteren können Störungen der Innenohrhomöostase mit Membranpotentialstörungen mitverantwortlich sein.<sup>(8)</sup> Folgen eines Ausfalls der äußeren Haarzellen sind ein Schallempfindungsverlust von bis zu 50 dB, eine eingeschränkte Frequenzselektivität sowie der Verlust des Recruitments.<sup>(8)</sup>

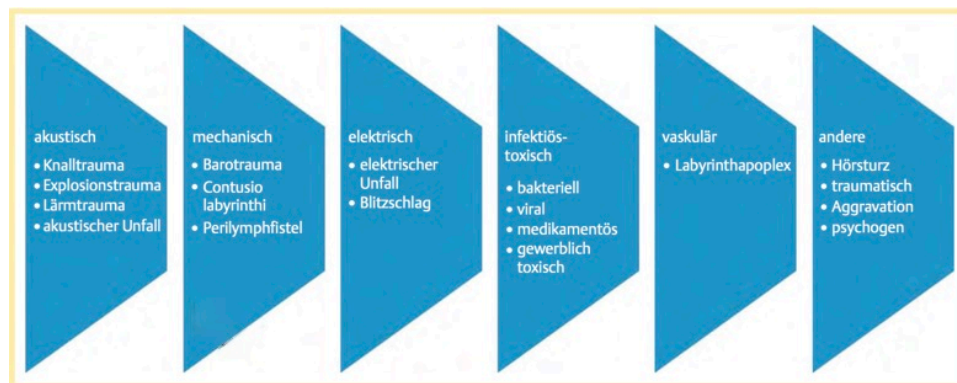


Abbildung 5: Übersicht der Ursachen akuter Schallempfindungsschwerhörigkeiten. Schulze A, Zahnert T. Differential Diagnosis of Hearing Disorders. Laryngorhinootologie 2014

Eine Therapie ist - je nach Ursache - bei mittel- bis hochgradiger Schwerhörigkeit mit einer Hörgeräteversorgung möglich. Bei verbliebenem Resthören bzw. Taubheit kommen Cochlea- und Hirnstammimplantate zur Anwendung. Die Auswahl des Hörsystems richtet sich hierbei nicht nur nach dem Ausmaß der Hörstörung, sondern auch nach der Lokalisation der Schädigung und den individuellen kommunikativen Bedürfnissen des Patienten.<sup>(7)</sup>

Auf neurale bzw. zentrale Schwerhörigkeiten soll im Rahmen dieser Arbeit nur kurz eingegangen werden. Als neurale Schwerhörigkeiten bezeichnet man Störungen der „Kodierung“ des akustischen Signals bzw. Verzögerungen der neuralen Reizweiterleitung. Ursächlich hierfür sind extra- und intrakranielle Tumore (v.a. Vestibularisschwannom), vaskuläre Kompressionssyndrome, Meningitis und Meningeosis carcinomatosa.<sup>(8)</sup> Bei zentralen Schwerhörigkeiten liegt hingegen eine Störung der Datenanalyse subkortikal bzw. im Bereich des auditorischen Kortex vor. Dies führt zu Beeinträchtigungen der Synchronisation und Modulation der beidseits

empfangenen Signale, so dass sowohl auditive Verarbeitung als auch auditive Wahrnehmung betroffen sind.

## 1.2 Cochlea-Implantat-Versorgung

Als CI werden Innenohrprothesen bezeichnet, welche mit Hilfe elektrischer Reizung eine auditive Wahrnehmung, also Sprachverstehen und Hörempfindungen, ermöglichen. Grundvoraussetzung hierfür ist ein noch funktionstüchtiger Hörnerv. Eine Implantation ist einseitig oder beidseitig möglich.<sup>(9)</sup>

Die Geschichte der experimentellen Cochlea-Implantatentwicklung begann schon in der Mitte des 18. Jahrhunderts, als 1748 der britische Wissenschaftler Benjamin Wilson erstmalig extraaurikuläre Elektrostimulation an einer tauben Patientin durchführte und somit eine Hörverbesserung erreichte (weitere Experimente blieben jedoch erfolglos).<sup>(10)</sup> Bis zur ersten erfolgreichen Implantation eines CI im Jahre 1961 sollten dann noch einmal über 200 Jahre vergehen.

Den nächsten wichtigen Schritt in Richtung CI machte im Jahr 1905 der Amerikaner La Forest Potter, indem er ein elektrisches Stimulationssystem - anwendbar am Mastoid - patentierte.<sup>(11)</sup> 1940 platzierten die Amerikaner Jones, Smith Stevens und Lurie Stimulationselektroden im Mittelohr von 20 Patienten. Da es in der Folge tatsächlich zur Geräuschwahrnehmung kam, wurde - aufgrund der Nähe zum Innenohr - die Idee einer direkten Hörnervstimulation zur Hörverbesserung bei höreingeschränkten Personen erneut postuliert.<sup>(12)</sup> Die Franzosen André Djourno und Charles Eyriès platzierten 1957 erfolgreich eine Stimulationselektrode intraaurikulär (höchstwahrscheinlich im inneren Gehörgang mit Kontakt zum N. vestibularis) und werden deshalb - obwohl in ihren Aufzeichnungen von der Cochlea selbst nie die Rede ist - oft als diejenigen genannt, die als erste ein CI implantiert haben.<sup>(11)</sup> Trotz nicht erfolgter direkter Cochlea-Stimulation konkludierten sie in ihrem Report: "The electrical stimulation of the cochlea itself, in analogous conditions, would without doubt allow the construction of a possible mechanism for electrical hearing."<sup>(13)</sup> Die tatsächlich erste CI-Operation erfolgte dann im Jahr 1961 durch William House und John Doyle.<sup>(11)</sup> Diese Implantation legte den Grundstein für den Beginn exzessiver Forschungsarbeit im Bereich der CI-Versorgung. Zentren hierfür waren vor allem die USA und Deutschland, so dass es nicht verwunderlich ist, dass auch die erste kleinere Kohortenstudie zu CI 1970 an der UCSF in Kalifornien durchgeführt wurde. Ende der 80er Jahre waren Cochlea-Implantate in

den USA, Europa und Australien dann bereits zur Therapie der ersten Wahl bei schwerwiegender Schallempfindungsschwerhörigkeit und Taubheit aufgestiegen.<sup>(11)</sup>

<b>Jahr</b>	<b>Forscher</b>	<b>Meilenstein</b>
1748	Wilson	Erste extraaurikuläre elektrische Stimulation
1800	Volta	Entmutigende Stimulationsexperimente am eigenen Ohr
1905	Potter	Patent für einen elektrischen Mastoidstimulator
1930	Wever & Bray	Der Hörnerv in Katzen produziert bei Stimulation die Kopie eines Sprachkurvenverlaufs
1940	Stevens & Lurie	Mögliche direkte elektrische Stimulation des Innenohrs mit Elektroden, welche während einer Ohroperation im Mittelohr platziert wurden
1950	Lundberg	Sinusoidaler Strom wird bei direkter Stimulation des Hörnervs während Neurochirurgie als Geräusch wahrgenommen
1957	Djourno & Eyriès	Erste Implantation einer Elektrode in der Nähe des VIII. Hirnnervs
1961	House & Doyles	Erste zwei Implantationen von Einkanalelektroden in die Cochlea durch das runde Fenster
1964	Simmons & White	Implantation von einer 6-Kanal-Elektrode durch das Promontorium
1969	House & Urban	Drei Implantationen mit einer Einkanalelektrode
1969	Clark	Erste Publikation über die Stimulation des Hörnervs von Katzen
1970	UCSF* Team	Zwei Implantationen von Einkanalelektroden
1973	UCSF Team	Erste internationale CI-Konferenz, San Francisco, Kalifornien, USA
1974	UCSF Team	Implantation eines Multielektrodengeräts
1976	Chouard et al.	Sechs Implantationen eines siebenfach separierten Multielektrodengerät
1977	Chouard et al.	Französisches Patent für ein Multielektrodengeräts
1977	Bilger et al.	Unabhängige Evaluation von CI durch das NIH**
1978	Clark	Implantation des ersten kommerziellen Multielektrodengeräts
1978	Chouard et al.	Erster internationaler Kurs über Multielektrodengeräte, Paris, Frankreich
1978	Diverse Teams	Beginn der zweiten Welle der CI-Entwicklungen

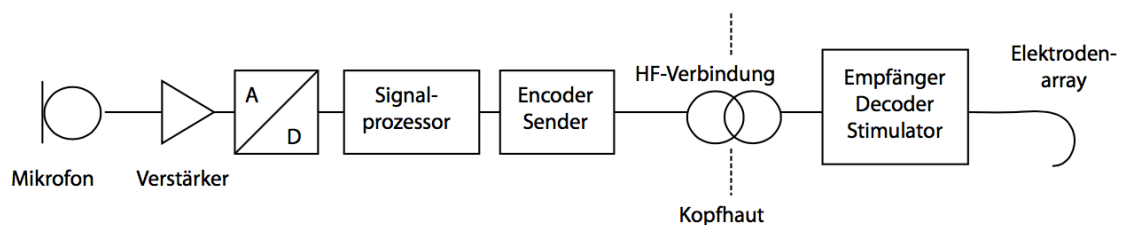
\* University of California, San Francisco  
 \*\* National Institute of Health

Tabelle 3: Nach Mudry A, Mills M. The Early History of the Cochlear Implant. A Retrospective Study. JAMA Otolaryngol Head Neck Surg. 2013

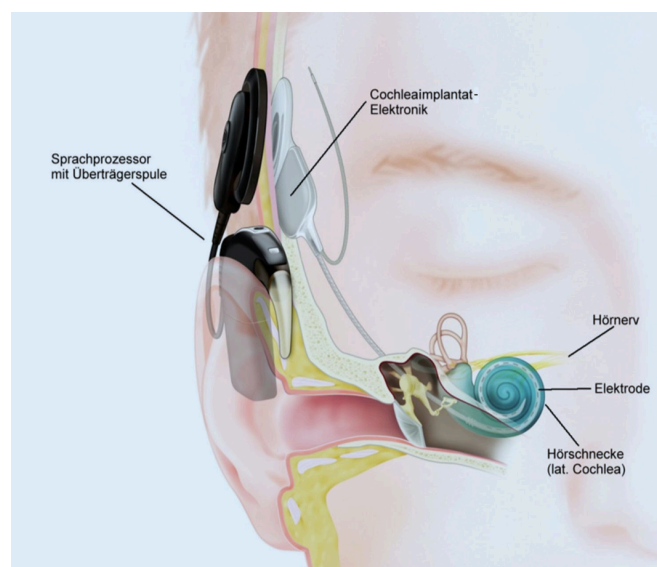
### 1.2.1 Aufbau und Funktionsweise des Cochlea-Implantats

Cochlea-Implantate sind die Therapie der ersten Wahl bei Patienten mit schwerwiegender Schallempfindungsschwerhörigkeit oder Taubheit, die über einen funktionellen Hörnerv verfügen. Anders als bei konventionellen Hörgeräten, bei denen ankommende Schallsignale verstärkt und nachfolgend auf das Mittelohr übertragen werden, „überspringen“ CI das Mittelohr und wandeln ankommende akustische Signale direkt in elektrische Impulse um, welche den Hörnerv an den für die ankommenden Frequenzen spezifischen Orten stimulieren. Das CI übernimmt also die Funktion des erkrankten Innenohres.<sup>(14)</sup>

Alle CI-Systeme lassen sich in interne und externe Komponenten einteilen.<sup>(15)</sup> Die internen Anteile werden in ihrer Gesamtheit auch als Empfänger bzw. Stimulator bezeichnet und gliedern sich in Empfangsspule, Magnet, Referenzelektrode und den ins Innenohr einzubringenden Elektrodenträger (siehe Abbildung 6 & 7). Der Empfängeranteil wird retroaurikulär im Bereich des Mastoids implantiert und der Elektrodenträger via Mastoid und Mittelohr chirurgisch in die Cochlea eingebracht. Bewährt haben sich hierbei Zugangswege über das runde Fenster der Cochlea bzw. ein separater Zugang im Bereich der ersten Schneckenwindung.<sup>(16)</sup> Zu den externen Anteilen gehören das Mikrofon und der Sprachprozessor. Vom Mikrofon aufgenommene Schallsignale werden mit Hilfe des Prozessors verarbeitet und als Signal über die Haut an die interne Elektronik des Implantats weitergeleitet. Des Weiteren befindet sich im externen Anteil des CI auch die Stromversorgung des Systems in Form von Batterien bzw. eines Akkus.<sup>(15)</sup>



**Abbildung 6: Prinzipieller Aufbau eines Cochlea-Implantat-Systems. Mühler R, Ziese M. Technischer Leitfaden Cochlea Implantat. Universitäts-HNO-Klinik Magdeburg. 2010.**



**Abbildung 7: Komponenten eines Cochlea-Implantatsystems. Büchner A, Gärtner L. Technische Entwicklungen bei Cochlea-Implantaten - Stand der Technik. HNO 2017;4:276-89.**



Heutige CI-Elektroenträger sind mit 12-22 Elektrodenkontakten ausgestattet, welche in der Scala tympani nach dem Prinzip der Tonotopie (Frequenz-Orts-Kodierung) elektrische Impulse an den N. vestibulocochlearis abgeben. Somit können mit modernen Geräten Tonhöhen im Bereich von 100 bis über 10.000 Hz wahrgenommen werden.<sup>(15)</sup> Je nach Anzahl der Stromquellen im CI-System sind verschiedene Stimulationsmodi möglich.

Zusätzlich ist mittlerweile durch die Entwicklung atraumatischer Elektroenträger der Erhalt von vorhandenem Restgehör bei CI-Trägern möglich, was eine erhebliche Erweiterung der Indikationskriterien für CI mit sich bringt.<sup>(15)</sup>

### **1.2.2 Indikationen zur Cochlea-Implantat-Versorgung**

In die vorliegende Studie wurden ausschließlich erwachsene Probanden eingeschlossen, da sich die Indikationsstellung für diese Gruppe grundsätzlich von Indikationen zur CI-Versorgung bei Kindern unterscheidet. Bestimmte Grundvoraussetzungen müssen erfüllt sein, damit Erwachsene für eine CI-Versorgung in Frage kommen. So darf „ein ausreichendes Sprachverstehen und damit die Kommunikationsfähigkeit oder ein hörgerichteter Spracherwerb mit alternativen Hörrehabilitationsmethoden nicht zu erreichen“ sein.<sup>(17)</sup> Außerdem müssen ein intakter Hörnerv, funktionierende zentral-auditorische Bahnen sowie eine für die Elektrodeninsertion ausreichend ausgebildete Cochlea vorliegen, um den späteren Erfolg einer Implantation zu gewährleisten. Lin et al. beschrieben zusätzlich die Bedeutung ausreichender kognitiver Kompetenz der Patienten für die postoperative Rehabilitationsphase bzw. das Wiedererlernen von Hören und Sprechen mit CI.<sup>(18)</sup> Generell gelten heutzutage nach einer aktuellen Studie von Lenarz et al. in Deutschland folgende Indikationen für eine Cochlea-Implantat-Versorgung bei Erwachsenen:

1. Beidseitige hochgradige oder an Taubheit grenzende sensorische Schwerhörigkeit
2. Einseitige sensorische Taubheit
3. Hochtontaubheit mit Restgehör im Tieftonbereich<sup>(17)</sup>

Die aktuelle CI-Leitlinie beschreibt dabei folgende audiometrische Grenzwerte:

1. Mittlere Hörschwelle im Tonaudiogramm (250-4000 Hz) > 75 dB HL
2. Sprachverstehen im Freiburger Einsilbertest < 60% bei 65 dB unter best-aided condition (Hörgeräte)<sup>(19)</sup>

Ähnliche Grenzwerte wurden bereits von Müller et al. 2005 formuliert. Zusätzlich wurde auch hier schon darauf hingewiesen, dass vor allem resthörige Patienten von CI profitieren und in postoperativen Hörtests überdurchschnittlich gute Ergebnisse erzielen, weshalb die Indikation zur Implantation nicht erst bei vollständigem Hörverlust gestellt werden sollte.<sup>(20)</sup>

### **1.3 Asymmetric Hearing Loss (AHL)**

Nach der Indikation zur CI-Versorgung lassen sich verschiedene Patientengruppen einteilen, wie bereits im Kapitel 1.2.2 dargestellt. Die Einteilung wird hierbei nach dem Grad der Taubheit beider Ohren vorgenommen:

1. Liegt eine an Taubheit grenzende sensorineurale Schwerhörigkeit (sensorineuraler Hörverlust  $> 70$  dB HL bei Frequenzen bis einschließlich 4 kHz) beider Ohren vor, spricht man von der Gruppe der sogenannten DSD-(Double-sided Deafness) Patienten.<sup>(21)</sup>
2. Liegt eine an Taubheit grenzende sensorineurale Schwerhörigkeit (sensorineuraler Hörverlust  $> 70$  dB HL bei Frequenzen bis einschließlich 4 kHz) eines Ohres bei Normakusis des Gegenohres (sensorineuraler Hörverlust  $< 30$  dB HL bei Frequenzen bis einschließlich 4 kHz) vor, spricht man von der Gruppe der SSD-(Single-sided Deafness) Patienten.<sup>(22)</sup>
3. Liegt eine an Taubheit grenzende sensorineurale Schwerhörigkeit (sensorineuraler Hörverlust  $> 70$  dB HL bei Frequenzen bis einschließlich 4 kHz) eines Ohres bei eingeschränktem Resthören des Gegenohres (sensorineuraler Hörverlust  $\leq 60$  dB HL bei Frequenzen bis einschließlich 4 kHz &  $> 30$  dB HL bei mindestens einer Frequenzstufe bis einschließlich 4 kHz) vor, so spricht man von der Gruppe der AHL-(Asymmetric Hearing Loss) Patienten.<sup>(22)</sup>

In der vorliegenden Studie soll der Einfluss der Cochlea-Implantat-Versorgung auf die Lebensqualität, das Sprachverstehen, die Tinnitusbelastung und die psychischen Komorbiditäten bei Patienten mit Asymmetric Hearing Loss untersucht werden. Zu diesem Zweck wurden insgesamt 45 AHL-Patienten, welche die Indikation zur CI-Implantation erfüllten prä- und postoperativ untersucht. Als Vergleichsgruppe diente eine in Ertaubungsdauer und Alter ähnliche Kohorte von 45 DSD-Patienten.

### **1.3.1 Asymmetric Hearing Loss und die Auswirkungen auf Sprachverstehen, Tinnitus, die Lebensqualität sowie Komorbiditäten**

Der Großteil der bisher veröffentlichten Studien, welche sich mit den Auswirkungen des Hörverlustes auf Sprachverstehen, Tinnitus, Lebensqualität und das Auftreten von Komorbiditäten beschäftigen, bezog sich auf die Patientensubgruppen DSD oder SSD oder beleuchtete ausschließlich den postoperativen Zustand. Nur selten wurde bis dato spezifisch auf die Gruppe der AHL-Patienten präoperativ eingegangen.

So beschrieben schon Cadieux et al. 2013, dass Kinder mit einseitiger Hörschwäche im Bereich der Kommunikation gegenüber beidseitig normal hörenden Kindern benachteiligt seien. Auch ist für diese Patientengruppe das Sprachverstehen im Störschall erschwert, Richtungshören sei eingeschränkt bzw. teilweise gar unmöglich. Die gleichen Beobachtungen wurden bei DSD-Patienten gemacht, wenn diese nur auf einem Ohr mit einem Hörhilfsmittel versorgt wurden.<sup>(23)</sup> Auch die Studie von van Zon et al. aus dem Jahr 2015 ging auf die Unterschiede zwischen einseitigem und beidseitigem Hören ein. Hier wurde manifestiert, dass beidseitiges Hören dem einseitigen in den Bereichen Sprachverstehen im Störschall sowie Richtungshören deutlich überlegen sei. Als Gründe wurden der Squelch-Effekt (die Fähigkeit des Gehirns, Störschall zu unterdrücken), der Kopfschatteneffekt und der binaurale Summationseffekt angegeben.<sup>(24)</sup> Eine der wenigen Studien, die in Bezug auf Richtungshören und Sprachverstehen explizit auf AHL-Patienten einging, erschien 2012 im Journal „Ear & Hearing“. Die Autoren Firszt et al. beschrieben, dass monaurales Hören mit einem normal hörenden Ohr geringes Sprachverstehen und eingeschränktes Richtungshören zur Folge habe und AHL-Patienten in den beschriebenen Dimensionen durch die Höreinschränkung auf dem Gegenohr sogar eine noch größere Benachteiligung erfahren.<sup>(25)</sup> 2016 veröffentlichten Arndt et al. eine ähnliche Studie, welche diese Aussagen bestätigte. Auch sie beschrieben eine signifikante Behinderung in vielen Alltagssituationen, welche vor allem im Zusammenhang mit Hintergrundgeräuschen auftrat. Zusätzlich wurde darauf hingewiesen, dass die Fähigkeit zur Schalllokalisation durch die monoaurale Hörsituation deutlich eingeschränkt sei.<sup>(21)</sup>

Spezifische Aussagen zum Auftreten von Tinnitus bei AHL-Patienten im Vergleich zu anderen Patientensubgruppen ließen sich zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit nicht treffen. Aus der aktuellen Studienlage war lediglich ersichtlich, dass Tinnitus im Allgemeinen bei Patienten mit Innenohrschwerhörigkeit mit einer Prävalenz von ca. 60-

70% im Vergleich zur deutschen Normalbevölkerung (Prävalenz 4%) überdurchschnittlich häufig auftritt.<sup>(26)</sup> Arndt et al. berichteten in ihrer Studie über Patienten mit SSD sogar von einer Auftretenswahrscheinlichkeit von bis zu 86%.<sup>(27)</sup> In Bezug auf die CI-Versorgung unilateral höreingeschränkter Patienten beschrieben erstmals van de Heyning et al. im Jahr 2008 eine signifikante und anhaltende Tinnituslautstärkenreduktion nach CI-Operation.<sup>(28)</sup> Die Ergebnisse dieser Studie konnten in den Folgejahren mehrfach durch andere Arbeiten bestätigt werden, so dass generell von einer Reduktion der Tinnitusbelastung durch die CI-Versorgung ausgegangen werden muss.<sup>(24,29,30)</sup>

Weitaus expliziter ist dagegen die Studienlage hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen Hörverlust und Lebensqualität. Vannson et al. konnten 2015 nachweisen, dass die Ergebnisse der von ihnen verwendeten Fragebögen bezüglich der Lebensqualität bei AHL-Patienten signifikant unterhalb der Norm lagen. Weiterhin wurden eindeutige Korrelationen zwischen Höreinschränkungen und den Einschränkungen in der täglichen Lebensqualität gefunden.<sup>(31)</sup> Trotzdem ist festzustellen, dass auch im Bereich Lebensqualität die Mehrzahl der vorhandenen Studien nicht primär auf die Subgruppe der AHL-Patienten einging. So beschrieben Chia et al. 2007 zwar einen Zusammenhang zwischen bilateralem Hörverlust und schlechteren SF-36-Ergebnissen (je größer die Höreinschränkung, desto schlechter die SF-36-Ergebnisse), unterteilten die Gruppe der bilateral Höreingeschränkten aber in Folge nicht weiter.<sup>(32)</sup> Ähnliche Ergebnisse lieferte bereits eine Studie von Dalton et al. aus dem Jahr 2003.<sup>(2)</sup>

In Bezug auf Komorbiditäten, welche mit Hörverlust bzw. Höreinschränkungen vergesellschaftet sind, stößt man beim Sichten der aktuellen Literatur vor allem auf die Untergruppe der psychiatrischen Begleiterkrankungen. So werden im Zusammenhang mit Schwerhörigkeit vor allem die Verschlechterung depressiver Symptome, eingeschränkte Teilhabe an sozialen Aktivitäten des täglichen Lebens sowie negative Auswirkungen auf soziale Interaktionen genannt.<sup>(33)</sup> Außerdem werden Höreinschränkungen mit Angsterkrankungen und sozialer Isolation in Verbindung gebracht.<sup>(34)</sup> Arndt et al. beschrieben 2016 eine durch die Höranstrengung schneller auftretende Ermüdung sowie negative Auswirkungen auf Selbstwertgefühl und Selbstvertrauen.<sup>(21)</sup> In einem systematischen Review von Cherko et al. wurde zusätzlich die deutliche Abnahme nicht nur der psychischen sondern auch der physischen Gesundheit beschrieben.<sup>(35)</sup> Huhnd et al. beschrieben spezifisch bei

höreingeschränkten Patienten sogar eine höhere Medikamenteneinnahme, vermehrte Arztbesuche sowie eine erhöhte Prävalenz von kardiovaskulären Ereignissen.<sup>(36)</sup>

### **1.3.2 Allgemeine Versorgungsmöglichkeiten und aktueller Stand der Forschung zur CI-Versorgung bei Asymmetric Hearing Loss**

Schon seit vielen Jahren werden Patienten mit einseitiger Taubheit auf der schlechter hörenden Seite mit konventionellen CROS-Hörgeräten (CROS = contralateral routing of signals), BiCROS-Hörgeräten (BiCROS = bilateral contralateral routing of signals) oder mit im Knochen verankerten Hörsystemen (BAHS = bone-anchored hearing systems) versorgt. Hierbei werden ankommende akustische Signale entweder per Funk oder Kabel (CROS- und BiCROS-Hörgeräte) oder via Knochenleitung an die Cochlea des besser hörenden Ohres weitergeleitet.<sup>(21)</sup> Ein binaurales Hören ist mit den beschriebenen Methoden aber weiterhin nicht möglich, weshalb schon im Research Update der Cochlear AG im Jahr 2011 beschrieben wurde, dass die Aufmerksamkeit gegenüber der Notwendigkeit, Implantationsmöglichkeiten zur Versorgung von AHL- und SSD-Patienten bereitzustellen, in den letzten Jahren stark zugenommen hat.<sup>(22)</sup>

Die erste erfolgreiche Therapie von einseitig ertaubten Patienten mittels CI wurde bereits im Jahr 2008 durch Van de Heyning et al. beschrieben.<sup>(28)</sup> Die eigentliche Intention der Autoren galt damals der Therapie des Tinnitus des erkrankten Ohres. Da die Patienten postoperativ aber zusätzlich über verbessertes Sprachverstehen und effizienteres Richtungshören berichteten, wurde die Therapiemöglichkeit im Verlauf schnell von weiteren Autoren aufgegriffen, welche ihrerseits über die CI-Versorgung einseitig ertaubter Patienten berichteten.<sup>(23,25,27,28)</sup>

Van Zon et al. beschrieben in ihrem systematischen Review 2015 zur Datenlage bezüglich der CI-Versorgung von SSD- und AHL-Patienten, dass es keine großen relevanten Studien mit hoher Evidenz bezüglich der Versorgung der genannten Gruppen gibt. Beschrieben sind aber deutliche postoperative Verbesserungen in Bezug auf Richtungshören, Lebensqualität und Tinnitus. Die Ergebnisse bezüglich des Sprachverstehens im Störfeld variierten stark, was die Autoren aber am ehesten auf die große Heterogenität der untersuchten Studien zurückführten.<sup>(24)</sup>

Diese unzureichende Studienlage sowie die oftmals kleinen Fallzahlen in den vorliegenden Studien veranlassen die Kostenträger des Gesundheitswesens in Form der Krankenkassen, den langfristigen Nutzen der CI-Versorgung von SSD- und AHL-

Patienten anzuzweifeln.<sup>(21)</sup> Dies führte dazu, dass Arndt et al. im Jahr 2016 die bisher größte und derzeit im deutschsprachigen Raum aktuellste Studie zur Thematik der CI-Versorgung bei einseitiger Taubheit und asymmetrischem Hörverlust publizierten.<sup>(21)</sup> Ziel der Arbeit war es, die Überlegenheit des CI bei den genannten Patientengruppen gegenüber einer Nicht-Versorgung und gegenüber der konventionellen Versorgung mit Knochenankersystemen und (Bi)CROS-Systemen an einer großen Patientenzahl nachzuweisen. Es wurden insgesamt 45 SSD- und 40 AHL-Patienten eingeschlossen. Die Ergebnisse bestätigten vorangegangene Arbeiten und zeigten eine deutliche Überlegenheit des CI gegenüber den anderen Versorgungsmöglichkeiten: „Erstmals lässt sich hier der Erfolg der binauralen Rehabilitation mittels CI anhand einer großen Patientenzahl und deren Vorteil gegenüber (Bi)CROS und BAHS anhand einer kleineren Subgruppe nachweisen und somit die Indikation für diese Behandlung bestätigen. Patienten mit erworbener Taubheit und einer Taubheitsdauer von mehr als 10 Jahren weisen einen vergleichbaren Nutzen mit dem CI gegenüber kurzzeitertaubten Patienten auf.“<sup>(21)</sup>

Die Leitlinie der „Deutschen Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Hals-Chirurgie e.V., Bonn“ (DGHNO) legte die Indikation hinsichtlich der CI-Versorgung sowie der Versorgung mittels zentral-auditorischer Implantate (Stand 05/2012) wie folgt fest: „Eine weitere Indikation besteht bei einseitiger Hörstörung mit CI-Indikation mit und ohne Tinnitus und erheblicher Einschränkung der Lebensqualität [...]“<sup>(9)</sup> Das im April 2018 erschienene Weißbuch zur CI-Versorgung beschreibt die Indikationsstellung wie folgt:

„Die Indikation wird unter Berücksichtigung aller Befunde und dem Ergebnis der interdisziplinären Fallbesprechung durch den Operateur gestellt:

- Für CI-Versorgungen kommen Patienten in Frage, bei denen mit Cochlea-Implantaten ein besseres Hören und Sprachverstehen als mit Hörgeräten absehbar zu erreichen sein wird.
- Die Funktionstüchtigkeit von Hörnerv und Hörbahn muss aufgrund der Voruntersuchungen angenommen werden können.
- Bei beidseitig gegebener Indikation sollte eine beidseitige CI-Versorgung erfolgen.

- Im Durchschnitt über alle in der CI-versorgenden Einrichtung postlingual behandelten Patienten muss eine Verbesserung der Einsilberdiskrimination um  $\geq 20\%$ -Punkte bis zum Ende der Folgetherapie zu erwarten sein.
- Nach aktuellem Kenntnisstand besteht aus audiologischer Sicht eine CI-Indikation damit bereits ab einer Einsilberdiskrimination mit optimaler HG Versorgung von  $\leq 60\%$  (bei 65 dB).
- Bei postlingual (nach Spracherwerb) ertaubten und resthörigen Patienten kann in der Regel eine Indikation angenommen werden.
- Bei prälingual (vor Spracherwerb) tauben (gehörlosen) Erwachsenen besteht in ausgewählten Einzelfällen ebenfalls eine Indikation zur Implantation, wenn ein lautsprachlich orientierter Spracherwerb in Ansätzen vorhanden ist. [...]“(19)

## 2 Zielsetzung

Der Fokus von Forschungsarbeiten im Bereich der CI-Versorgung lag in den letzten Jahren vor allem auf der Untersuchung von DSD-Patienten. Nur wenige aktuelle Studien betrachteten gesondert die Gruppe der AHL-Patienten, so dass die Datenlage bezüglich postoperativer Performance dieser Subgruppe weiterhin unzureichend bleibt. Ziel dieser Arbeit war es, anhand zweier ähnlicher Subgruppen von DSD- und AHL-Patienten (jeweils 45 Patienten) darzustellen, inwieweit sich prä- und postoperative Ergebnisse innerhalb der Gruppe sowie postoperative Ergebnisse sechs Monate nach CI zwischen beiden Gruppen bezüglich Lebensqualität, Sprachverstehen, Tinnitusbelastung und psychischer Komorbiditäten unterscheiden. Alle konstatierten Unterschiede wurden im weiteren Studienverlauf einer statistischen Prüfung auf ihre Relevanz unterzogen. Die Untersuchungen erfolgten anhand standardisierter Fragebögen (Brief-COPE Inventory, Oldenburger Inventar, Tinnitusfragebogen, Perceived Stress Questionnaire, Nijmegen Cochlear Implant Questionnaire, Short Form Health 36, Allgemeine Depressionsskala, General-Anxiety-Disorder-7) und audiometrischer Untersuchungen zum Sprachverstehen (Oldenburger Satztest, Freiburger Einsilbertest).

Folgende Fragestellungen wurden betrachtet:

1. Inwieweit unterscheiden sich präoperative Ergebnisse der untersuchten Subgruppen (DSD und AHL) von den Daten der aktuellen Studienlage?
2. Welche Unterschiede bestehen präoperativ zwischen AHL- und DSD-Patienten bezüglich Lebensqualität, Sprachverstehen, Tinnitusbelastung und psychischer Komorbiditäten?
3. Wie veränderten sich postoperativ die Testergebnisse bezüglich Lebensqualität, Sprachverstehen, Tinnitusbelastung und psychischer Komorbiditäten im Vergleich zu präoperativen Testungen innerhalb der jeweiligen Kohorten?
4. Inwieweit unterscheiden sich postoperative Ergebnisse der untersuchten Subgruppen (DSD und AHL) von den Daten der aktuellen Studienlage?
5. Welche Unterschiede bestehen postoperativ zwischen AHL- und DSD-Patienten bezüglich Lebensqualität, Sprachverstehen, Tinnitusbelastung und psychischer Komorbiditäten?
6. Gibt es einen Einfluss von Lebensalter, Ertaubungsdauer und Geschlecht auf die Ergebnisse der Testungen und Fragebögen?



### **3 Patienten und Methodik**

#### **3.1 Patientenkollektiv**

In die vorliegende prospektive Studie wurden in einem ersten Schritt 45 postlingual erlaubte AHL-Patienten (23 männlich und 22 weiblich) eingeschlossen. Alle eingeschlossenen Patienten wurden zwischen 2011 und 2015 in der HNO-Klinik der Charité - Universitätsmedizin Berlin am Campus Virchow-Klinikum einseitig (24 links, 21 rechts) mit einem Cochlea-Implantat versorgt und weisen auf dem Gegenohr eine Hörminderung von  $\leq 60$ dB über allen Frequenzen bis einschließlich 4000 Hz und  $> 30$ dB Hörminderung über einer oder mehreren Frequenzen bis einschließlich 4000 Hz auf. Damit erfüllten sie die Bedingungen für die Zuordnung zur Gruppe der Patienten mit asymmetric hearing loss (AHL).<sup>(22)</sup>

In einem zweiten Schritt wurden die Daten einer Vergleichsgruppe von 45 postlingual erlaubten DSD-Patienten (20 männlich und 25 weiblich) zusammengetragen. Auswahlkriterien waren hierbei eine Ähnlichkeit zur AHL-Gruppe bezüglich Alter (Durchschnittsalter AHL 62,3 Jahre, Durchschnittsalter DSD 62,2 Jahre) und Ertaubungsdauer (mittlere Ertaubungsdauer AHL 17,2 Jahre, mittlere Ertaubungsdauer DSD 17,5 Jahre). Die Ähnlichkeit wurde mit Hilfe eines Matching-Procederes (siehe Abschnitt 3.4) sichergestellt. Auch innerhalb der DSD-Gruppe wurden alle Patienten in der HNO-Klinik der Charité - Universitätsmedizin Berlin am Campus Virchow-Klinikum einseitig (23 links, 22 rechts) mit einem Cochlea-Implantat versorgt (im Zeitraum 2009 – 2015), weisen hierbei aber auf dem Gegenohr eine Hörminderung von  $> 70$  dB HL bei Frequenzen bis einschließlich 4000 Hz auf und erfüllen somit die Bedingungen für die Zuordnung zur Gruppe der Patienten mit double-sided deafness (DSD).<sup>(22)</sup>

Als weitere generelle Einschlusskriterien wurden ein Mindestalter von 18 Jahren und ein postoperativer Untersuchungszeitraum von mindestens einem halben Jahr gewählt. Die sprachaudiometrischen Untersuchungen fanden ein halbes Jahr nach OP, die Befragungen mittels standardisierter Fragebögen zusätzlich präoperativ statt. Von allen eingeschlossenen Patienten liegt eine schriftliche Einverständniserklärung vor. Die Studie wurde vorab regelgerecht von der Ethikkommission der Charité genehmigt (Registrierungsnummer: EA2/030/13; „Evaluation des Versorgungserfolges bei Hörimplantaten“).

### 3.2 Erfassung der Daten und Matching

Die Datenerfassung der in die vorliegende Studie eingeschlossenen Patienten erfolgte in mehreren Schritten.

Zu Beginn wurden am 24.04.2016 die Patientendatenbanken der Klinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde der Charité – Universitätsmedizin Berlin, Campus Virchow-Klinikum nach Patienten gescreent, welche die in Kapitel 3.1 beschriebenen Einschlusskriterien für die Gruppe der AHL-Patienten erfüllten. Hierbei konnten insgesamt 45 Patienten ausfindig gemacht werden (OP-Datum zwischen 2011 und 2015).

Im folgenden Schritt wurden die vorhandenen Datenbanken am 24.04.2016 nochmals durchsucht, um eine für die Parameter Ertaubungsdauer und Alter ähnliche Vergleichsgruppe von Patienten zusammenzustellen (Matching), welche die in Kapitel 3.1 beschriebenen Einschlusskriterien für die Gruppe der DSD-Patienten erfüllten. Hierzu wurde zuerst die bereits vorhandene Kohorte von AHL-Patienten anhand ihrer Ertaubungsdauer in 3 verschiedene Gruppen unterteilt:

Gruppe	Ertaubungsdauer in Jahren	Anzahl zugehöriger AHL-Patienten
1	< 2	21
2	2-10	5
3	>10	19

Tabelle 4: Gruppenzugehörigkeit anhand der Ertaubungsdauer im Rahmen des Matching-Prozesses

Je nach Gruppenzugehörigkeit der AHL-Patienten wurden bei den DSD-Matchingpartnern unterschiedliche Abweichungen in Bezug auf die Ertaubungsdauer toleriert:

Gruppe	Abweichung in Jahren
1	< 0,25
2	< 1
3	< 4

Tabelle 5: Gruppenzugehörigkeit und tolerierte Ertaubungsdauerabweichung zwischen den Matchingpartnern

Ein zweiter Matchingschritt erfolgte für den Parameter Alter: Die – bezogen auf den Parameter Ertaubungsdauer – ähnlichen DSD-Patienten sollten ihren AHL-Matchingpartnern zusätzlich im Alter ähneln. Hierbei wurde eine Altersabweichung von bis zu +/- 5 Jahren akzeptiert. Falls mehrere der im ersten Schritt ausfindig gemachten

DSD-Patienten dieses Kriterium erfüllten, wurde jeweils der Patient mit den kleinsten Abweichungen ausgewählt („Best Match“).

Mit diesem Verfahren konnte für alle in die Studie eingeschlossenen AHL-Patienten ein entsprechend ähnlicher DSD-Matchingpartner ausfindig gemacht und ebenfalls in die Studie eingeschlossen werden (siehe Tabellen 6, 7, 8).

AHL - Ertaubungsdauer 0-2 Jahre				DSD			Altersdifferenz	Ertaubungsdauerdifferenz
Name	Alter	Ertaubungsdauer	Name	Alter	Ertaubungsdauer			
1	FA	54,94	2	AK	51,93	2	3,01	0
2	BD	68,76	1	WZ	71,36	1,3	2,60	0,25
3	HF	74,55	2	IM	76,44	2	1,89	0
4	GG	62,16	1	HB	58,38	1	3,78	0
5	EG	68,96	1	US	69,88	1	0,92	0
6	JG	68,19	1,5	ES	67,24	1,5	0,95	0
7	WG	73,01	0,5	HK	75,96	0,5	2,94	0
8	HG	71,44	0,4	RP	70,90	0,3	0,54	0,1
9	UH	56,66	1	BS	53,90	1	2,76	0
10	HH	74,88	1	HG	75,44	1	0,56	0
11	KI	26,16	0,5	PB	23,93	0,5	2,23	0
12	JK	73,34	Resthören	WZ	73,84	Resthören	0,51	0
13	HL	71,65	1	RH	73,10	1	1,45	0
14	GP	50,07	2	JB	45,48	2	4,59	0
15	IP	52,93	Resthören	TG	53,56	Resthören	0,62	0
16	CR	52,29	1	ET	52,59	1	0,30	0
17	RR	79,67	2	HF	79,56	2	0,11	0
18	WS	67,76	1	EW	71,08	1	3,32	0
19	CS	56,87	2	SC	58,89	2	2,01	0
20	VU	76,32	0,25	GS	75,93	0,5	0,39	0,25
21	RW	37,27	0,5	MN	36,99	0,5	0,28	0
<b>Durchschnittliche Abweichung:</b>							<b>1,70</b>	<b>0,03</b>
<b>Größte Abweichung:</b>							<b>4,59</b>	<b>0,25</b>
<b>Kleinste Abweichung:</b>							<b>0,11</b>	<b>0,00</b>

Tabelle 6: Matchingpartner für Ertaubungsdauer 0-2 Jahre (Alter und Ertaubungsdauer in Jahren)

AHL - Ertaubungsdauer > 2-10 Jahre				DSD			Altersdifferenz	Ertaubungsdauerdifferenz
Name	Alter	Ertaubungsdauer	Name	Alter	Ertaubungsdauer			
1	SA	41,91	3,5	SG	43,81	3	1,90	0,5
2	HB	74,56	7	US	75,08	6	0,53	1
3	HF	65,39	4	RE	65,58	5	0,19	1
4	MP	58,74	6	RT	57,92	5	0,82	1
5	EW	71,16	5	RW	70,25	4	0,90	1
<b>Durchschnittliche Abweichung:</b>							<b>0,87</b>	<b>0,90</b>
<b>Größte Abweichung:</b>							<b>1,90</b>	<b>1,00</b>
<b>Kleinste Abweichung:</b>							<b>0,19</b>	<b>0,50</b>

Tabelle 7: Matchingpartner für Ertaubungsdauer > 2-10 Jahre (Alter und Ertaubungsdauer in Jahren)

AHL - Ertaubungsdauer > 10 Jahre				DSD			Altersdifferenz	Ertaubungsdauerdifferenz
Name	Alter	Ertaubungsdauer	Name	Alter	Ertaubungsdauer			
1	HD	77,64	14	GH	77,82	16	0,18	2
2	BG	62,01	62	CB	60,72	60	1,29	2
3	HG	61,29	24	WS	62,63	20	1,34	4
4	VG	53,75	52	PL	55,36	55	1,61	3
5	AH	44,77	35	HG	40,65	38	4,12	3
6	TH	59,72	20	JP	56,35	19	3,37	1
7	WH	63,76	57	BB	63,48	59	0,28	2
8	HJ	60,23	30	CR	64,63	27	4,40	3
9	DK	60,05	28	LL	58,86	24	1,19	4
10	AK	53,60	26	RJ	53,25	23	0,35	3
11	IK	74,13	67	DS	70,30	65	3,83	2
12	KL	73,19	26	GT	72,51	24	0,68	2
13	LM	48,88	40	HN	48,23	41	0,65	1
14	BM	68,95	20	EG	68,08	20	0,88	0
15	HS	74,87	43	HS	73,25	47	1,62	4
16	US	50,82	43	LM	50,83	44	0,00	1
17	RS	58,65	40	JV	60,26	39	1,61	1
18	LS	56,97	34	WB	61,41	35	4,44	1
19	WT	70,81	68	WB	70,45	67	0,36	1
<b>Durchschnittliche Abweichung:</b>							<b>1,69</b>	<b>2,11</b>
<b>Größte Abweichung:</b>							<b>4,44</b>	<b>4,00</b>
<b>Kleinste Abweichung:</b>							<b>0,00</b>	<b>0,00</b>

Tabelle 8: Matchingpartner Ertaubungsdauer > 10 Jahre (Alter und Ertaubungsdauer in Jahren)

### 3.3 Sprachaudiometrische Untersuchungen

Der Einfluss der CI-Versorgung auf das Sprachverstehen wurde mittels sprachaudiometrischer Untersuchungen ermittelt. Diese wurden ein halbes Jahr nach CI in der Charité - Universitätsmedizin Berlin Campus Virchow-Klinikum durch eingearbeitete und mit den audiometrischen Geräten vertraute Medizinstudenten durchgeführt. Präoperativ fand lediglich der Freiburger Einsilbertest Anwendung. Für 17 Patienten wurden die Datensätze bei fehlenden sprachaudiometrischen Testergebnissen in den Datenbanken der Charité zusätzlich durch Daten aus dem Hörtherapiezentrum Oberlinhaus in Potsdam ergänzt, da hier viele der in die Studie eingeschlossenen Patienten die postoperative hörtherapeutische Nachversorgung erfuhren. Auch hier wurde sichergestellt, dass alle Testungen nach den in den folgenden Kapiteln beschriebenen Versuchsbedingungen und -standards durchgeführt wurden.

Bei den angewandten Sprachtests handelte es sich um den Oldenburger Satztest (OLSA) und den Freiburger Einsilbertest.

### **3.3.1 Versuchsaufbau und -durchführung**

In der vorliegenden Studie wurde der überwiegende Anteil der postoperativen Sprachtestungen in einem schallisolierten Raum (Audiometriekabine) am Campus Virchow-Klinikum der Charité Berlin, durchgeführt.

Es wurde sichergestellt, dass alle Testungen unter den gleichen Bedingungen stattfanden. Alle Patienten bekamen vorab eine schriftliche oder telefonische Einladung zur Testung und wurden am Testtag mündlich vom jeweiligen Tester (Medizinstudent) in den Ablauf und die Testbegebenheiten eingewiesen. Als Arbeitsplatz im Audiometriezimmer diente ein halbkreisförmiger Tisch mit Computer und Audiokeyboard auf der Bedienerseite, sowie mit fünf auf den Patienten ausgerichteten Lautsprechern in den Positionen  $0^\circ$ ,  $+45^\circ$ ,  $-45^\circ$ ,  $+90^\circ$  und  $-90^\circ$  auf der Gegenseite. Die einzelnen Lautsprecher konnten je nach Testformat separat angewählt, eine Lautstärkeeinstellung des Nutz- sowie Störschalls über entsprechende Regler am Keyboard individuell vorgenommen werden. Zur Audiometrie wurden Geräte und Software der Firma MACK Medizintechnik GmbH verwendet, für die Durchführung des OLSA wurde eine separate CD mit Testsatzlisten zur Verfügung gestellt. Die gesamte Testung dauerte 30-45 Minuten, wobei alle patientenspezifischen Ergebnisse zuerst handschriftlich festgehalten und zeitnah in eine entsprechende digitale Datenbank übertragen wurden.

### **3.3.2 Oldenburger Satztest**

Beim Oldenburger Satztest (OLSA) handelt es sich um eine audiometrische Methode, mit welcher – in Anlehnung an den schwedischen Satztest nach Hagermann (Hagermann 1984) - die Sprachverständlichkeitsschwelle (SVS) in Ruhe und im Störgeräusch gemessen werden kann. In seiner jetzigen Form wurde der Sprachtest von Wagener et al. im Jahr 1999 entwickelt und stellt somit einen der neueren Satztests dar.<sup>(37)</sup>

In Ruhe stellt die SVS den Sprachpegel dar, bei welchem der Patient ein 50%iges Wortverstehen erreicht. Im Störschall variiert die Lautstärke der Sprache bei gleichbleibendem Pegel des Störgeräusches und somit das Signal-Rausch-Verhältnis (S/N). Hierdurch kann die SVS im Störgeräusch bestimmt werden, bei welcher – als Signal-Rausch-Abstand definiert - 50% aller präsentierten Wörter korrekt verstanden werden.<sup>(38)</sup>

Das hinterlegte Sprachmaterial des OLSA besteht aus 40 Testlisten mit jeweils 30 Fünf-Wort-Sätzen, welche alle der Form „Name-Verb-Zahlwort-Adjektiv-Objekt“ entsprechen. Die Kombinationen werden im Zufallsprinzip aus einem Inventar von 50 Worten gebildet. Vorteil hierbei ist, dass auch bei wiederholter Wiedergabe kein Lerneffekt entsteht und – da die Sätze inhaltlich keine Sinnhaftigkeit haben – auch kein Rückschluss aus dem Zusammenhang erraten werden kann.<sup>(39)</sup> Die gesprochenen Sätze werden mit einer mittleren Sprechgeschwindigkeit von ca. 233 Silben/min angeboten, so dass der Test auch für stark schwerhörige Patienten und CI-Träger verwendet werden kann, welche mit schnelleren Tests Probleme haben.<sup>(38)</sup>

In der vorliegenden Studie wurde für alle Patienten die SVS im Störgeräusch ermittelt. Dafür wurden dem Patienten die vorgelesenen Sätze – wie auch beim Freiburger Einsilbertest - über einen Lautsprecher in der Position 0° (frontal vor dem Patienten, siehe oben) präsentiert. Der Störschall blieb während der gesamten Testung konstant bei 65 dB. Zu Beginn präsentierte man dem Patienten, wie von Wagener et al. beschrieben, 20 Übungssätze ohne Zwischenfeedback seitens des Testers, um einen gewissen Lerneffekt zu erzielen.<sup>(40)</sup> Nachfolgend begannen die zwei Testreihen mit jeweils 30 Sätzen. Der Patient wurde aufgefordert, verstandene Worte zu wiederholen. Korrekt erkannte Worte wurden daraufhin vom Bediener im Computer als richtig markiert, was zu einer automatischen Lautstärkeanpassung (siehe Abbildung 8) der Sprachdarbietung führte. Aus beiden Durchgängen wurde am Ende der Testung durch Berechnung des Mittelwertes die SVS bei einem Wortverständnis von 50% in dB S/N ermittelt.

Richtig verstandene Wörter im vorangegangenen Satz	Pegeländerung der Sprache	
	Satz 2 bis 5	Satz 6 bis 31 [21]
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

Abbildung 8: Adaptive Pegeländerungen für die Durchführung des OLSA. HörTech gGmbH Oldenburg. Oldenburger Satztest - Adaptive Sprachaudiometrie mit Sätzen in Ruhe und im Störgeräusch. Bedienungsanleitung. 2011. Seite 17

### **3.3.3 Freiburger Einsilbertest**

Der Freiburger Sprachverständlichkeitstest nach DIN 45621-1 geht auf K.H. Hahlbrock (1953) zurück und zählt auch heute noch zu den wichtigsten Tests im Rahmen der Sprachaudiometrie in Deutschland.<sup>(41)</sup> Nach DIN standardisiert besteht der Test aus zehn Gruppen mit jeweils zehn zweisilbigen Zahlen sowie aus zehn weiteren Gruppen mit 20-30 einsilbigen Substantiven. Primär wurde der Test zur Ermittlung des „Schwellengehørs für Sprache“ (mithilfe von Zahlwörtern) und der „Fähigkeit zur Sprachunterscheidung“ (mithilfe einsilbiger Substantive) konzipiert und sollte die deutsche Umgangssprache nachahmen.<sup>(41)</sup> Hierzu werden den Patienten die Listen in einer Audiometrikabine präsentiert und der Anteil der verstandenen Wörter als prozentuales Sprachverstehen notiert.

In dieser Studie wurde der Test ausschließlich mit Substantiven, also Gruppen à 20 Worten, durchgeführt, so dass jedes richtige Wort für 5% Sprachverstehen zählte. Die Probanden befanden sich hierzu in einer Audiometrikabine, in welcher die Wörter mit einem Schalldruckpegel von 65 dB im Freifeld dargeboten wurden. Der Lautsprecher befand sich – wie auch bei allen anderen durchgeführten Sprachtests - in der Position 0° vor dem Patienten in ca. 1m Abstand. Es wurde ausschließlich das mit CI versorgte Ohr getestet, so dass eine Vertäubung des Gegenohrs mittels Kopfhörer notwendig war. Der Patient wurde aufgefordert, verstandene Worte zu wiederholen. Richtige Wiederholungen wurden notiert, so dass nach Wiederholung des Tests mit einer zweiten Liste aus den Anteilen der richtig verstandenen Worte der beiden Listen ein Mittelwert berechnet werden konnte, welcher das Sprachverstehen bei 65 dB widerspiegelte.

### **3.4 Fragebögen**

Zusätzlich zu den sprachaudiometrischen Untersuchungen wurden zur weiteren Datenerhebung validierte und in der CI-Forschung etablierte Fragebögen in die Auswertung der vorliegenden Studie eingeschlossen. Sie dienten dazu, den Einfluss der einseitigen CI-Versorgung auf Lebensqualität, das Stresserleben und dessen Bewältigungsstrategien, die Tinnitusbelastung und auf das Neuauftreten bzw. die Entwicklung ggf. bereits vorhandener psychischer Komorbiditäten zu analysieren. Um diesen Einfluss adäquat darstellen zu können, wurden die Daten anhand der Fragebögen sowohl präoperativ als auch ein halbes Jahr nach der Erstanpassung des Cochlea-Implantats zusammengetragen und vergleichend ausgewertet.

Insgesamt flossen die Ergebnisse acht verschiedener Fragebögen in die statistische Auswertung ein: Die Lebensqualität der Probanden wurde mit Hilfe des krankheitsspezifischen Messinstruments Nijmegen Cochlear Implant Questionnaire (NCIQ) analysiert. Der NCIQ wurde speziell zur Untersuchung von CI-Patienten entwickelt und wurde in der vorliegenden Studie durch die Auswertung von Daten des Medical Outcome Study Short Form 36 (SF-36) ergänzt, welcher ein generisches Messinstrument zur Erfassung der Lebensqualität darstellt. Stresserleben sowie stressspezifische Bewältigungsstrategien wurden mit Hilfe des Perceived Stress Questionnaire (PSQ) sowie des Brief-COPE-Fragebogens erfasst. Zur Beurteilung der Tinnitusbelastung wurde der Tinnitus-Fragebogen (TF) nach Goebel und Hiller verwendet. Zur Beurteilung des allgemeinen Hörvermögens wurde das Oldenburger Inventar (OI) ausgewertet. Die Allgemeine Depressionsskala (ADSL) und der Generalized Anxiety Disorder-Fragebogen (GAD-7) dienten zur Erfassung psychischer Komorbiditäten, insbesondere von Depressionen und Angststörungen.

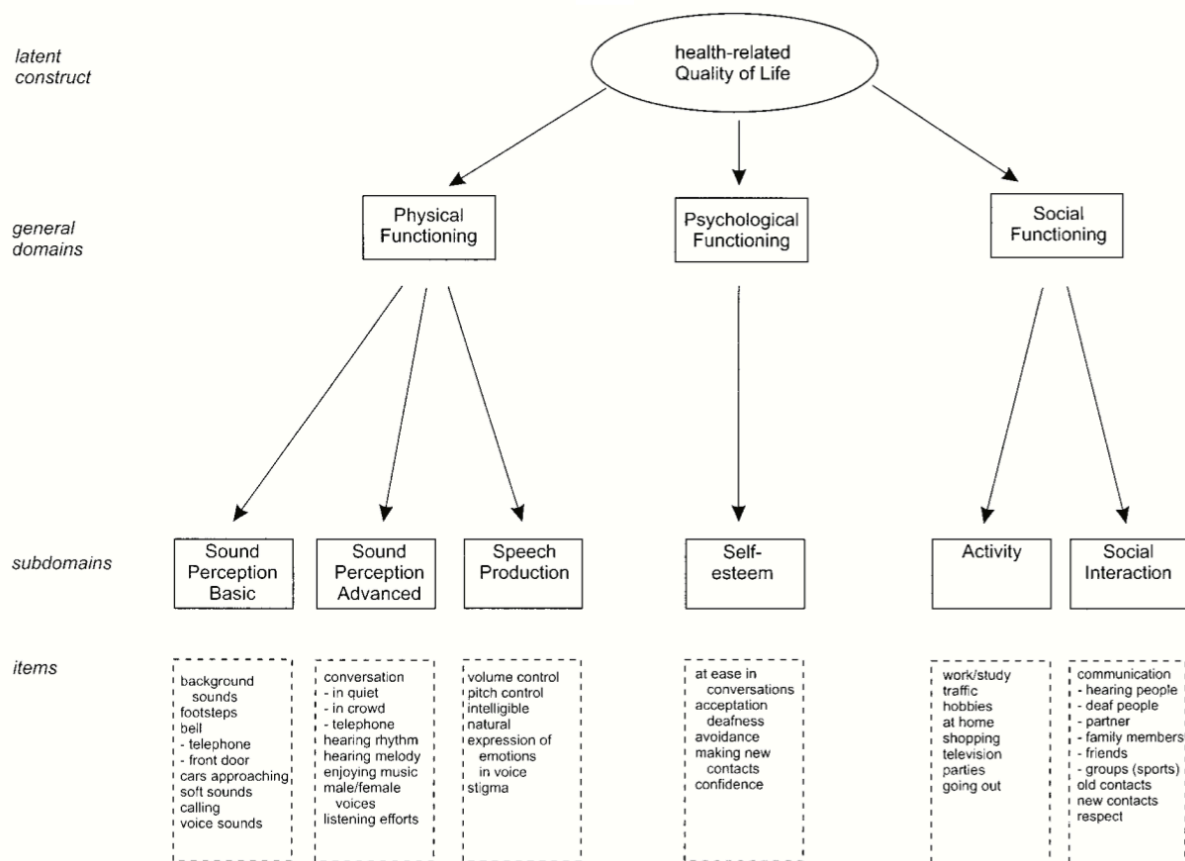
### **3.4.1 Einschätzung der Lebensqualität**

#### Nijmegen Cochlear Implant Questionnaire (NCIQ)

Der NCIQ ist ein krankheitsspezifisches Messinstrument zur Beurteilung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität von Patienten mit Cochlea-Implantat. Er wurde im Jahr 2000 als standardisiertes und validiertes Selbstbeurteilungsinstrument von Hinderink et al. entwickelt und untersucht sowohl Hör- und Sprachfähigkeit als auch psychologische und soziale Bereiche.<sup>(42)</sup>

Der Fragebogen besteht aus den drei Hauptdomänen physische, psychische und soziale Funktionsfähigkeit, welchen insgesamt sechs Subdomänen zur näheren Charakterisierung zugeordnet werden. Hierbei bilden die Bereiche „Elementare Schallwahrnehmung“ und „Erweiterte Schallwahrnehmung“ sowie „Kontrolle der Sprachproduktion“ Untergruppen im Bereich der physischen Funktionsfähigkeit, wohingegen „Selbstwertgefühl“ der psychologischen und „Aktivitäten“ und „Soziale Interaktion“ der sozialen Domäne zugeordnet werden (siehe Abbildung 9).





**Abbildung 9: Diagramm zur Entwicklung des NCIQ. Hinderink et al. 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 Dec;12**

Insgesamt umfasst der Test 60 Fragen, so dass jeder der sechs Subdomänen zehn Fragen zugeordnet werden können. Der Patient kann bei den Antwortmöglichkeiten zwischen den vier Abstufungen „nie“, „selten“, „manchmal“, „oft“ und „immer“ (55 Fragen) bzw. zwischen „nie“, „schwer“, „einigermaßen“, „gut“ und „sehr gut“ (5 Fragen) entscheiden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, eine Frage als nicht zutreffend mit „keine Antwort“ zu markieren.<sup>(42)</sup> Nach Hinderink et al. werden Punkte entsprechend der gegebenen Antworten zugeordnet, wobei 0 Punkte einem sehr schlechten Wert und 100 Punkte dem Optimum entsprechen (1 = 0; 2 = 25; 3 = 50; 4 = 75; 5 = 100). 28 der 60 Fragen werden negativ formuliert, so dass hier eine inverse Verteilung der Punkte im Rahmen der Auswertung angewandt wird. Jede Subdomäne ergibt einen Summenscore entsprechend des Mittelwertes der beantworteten Fragen. Der Gesamtsummenscore des NCIQ wird aus den Mittelwerten der Subdomänen bestimmt. Zusätzlich wird zur ergänzenden Beurteilung nach allgemeiner Zufriedenheit und Tragedauer des Sprachprozessors gefragt. Ersteres soll auch hier in einer Abstufung

zwischen 0 und 100 Punkten beurteilt werden (0 = nie, 25 = selten, 50 = manchmal, 75 = oft, 100 = immer zufrieden).

### Medical Outcome Study Short Form 36 Health Survey (SF-36)

Der (MOD) SF-36 wurde 1989 im Rahmen der Medical Outcomes Study entwickelt, um ein krankheitsunspezifisches Instrument zur Messung der gesundheitsbezogenen subjektiven Lebensqualität zur Verfügung zu haben.<sup>(43)</sup> Er setzt sich aus insgesamt 36 Fragen zusammen, welche acht unterschiedliche Gesundheitskonzepte erfassen: „Körperliche Funktionsfähigkeit“, „körperliche Rollenfunktion“, „körperliche Schmerzen“, „allgemeine Gesundheitswahrnehmung“, „Vitalität“, „soziale Funktionsfähigkeit“, „emotionale Rollenfunktion“ und „psychisches Wohlbefinden“.<sup>(43)</sup> Für die Beantwortung der einzelnen Fragen stehen jeweils Skalen von zwei bis maximal sechs Punkten zur Verfügung. Für jede der acht Domänen/Dimensionen wird im Rahmen der Auswertung ein Summenscore zwischen 0 und 100 Punkten berechnet, wobei höhere Punktwerte für eine höhere Lebensqualität bzw. einen subjektiv besseren Gesundheitszustand stehen. Aus den Summenscores werden abschließend mittels standardisierter Auswertungssysteme die zwei Punktwerte für körperliche und psychische Summenskala berechnet (Abbildung 10). Auch hier bedeuten jeweils hohe Werte innerhalb der einzelnen Kategorie ein subjektiv besseres Gesundheitsempfinden.<sup>(43)</sup>

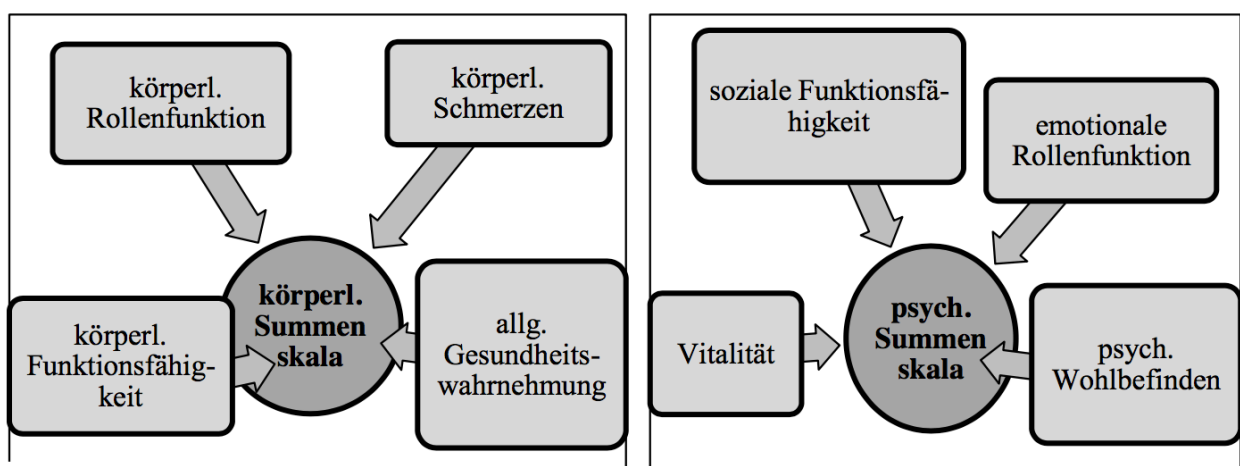


Abbildung 10: M Evers. Körperliche und psychische Summenskala. Einfluss der durch eine Cochlea Implantation veränderten Tinnitus-Belastung auf Sprachverstehen, Lebensqualität und Komorbiditäten. 2016.

### **3.4.2 Einschätzung von Stressbelastung und Copingmechanismen**

#### Perceived Stress Questionnaire (PSQ)

Stressbelastung und Copingmechanismen wurden in der vorliegenden Studie mit Hilfe des Perceived Stress Questionnaire (PSQ) erfasst. Dieser Test wurde ursprünglich 1993 von Levenstein et al. für den englischen und italienischen Sprachraum entwickelt, um die subjektiv erlebte Belastung von Patienten zu dokumentieren. In der vorliegenden Studie kam eine ins Deutsche übersetzte und auf 20 Items verkürzte Version nach Fliege et al. zur Anwendung.<sup>(44)</sup> Der PSQ wurde in verschiedenen Studien als geeignetes Messinstrument anerkannt und seine Objektivität, Reliabilität und Validität mehrfach gezeigt.<sup>(45)</sup>

Der ursprüngliche Test beinhaltet insgesamt 30 Fragen, welche den sieben Skalen „Harassment“, „Overload“, „Irritability“, „Lack of Joy“, „Fatigue“, „Worries“ und „Tension“ zugeordnet werden. Die reduzierte Version nach Fliege et al. beinhaltet hingegen nur 20 Items in den vier Skalen „Sorgen“ (Worries), „Anspannung“ (Tender), „Freude“ (Joy) und „Anforderungen“ (Demand). Die Fragen des PSQ-20 sind als Aussagesätze formuliert, welche sich auf den Zeitraum der letzten vier Wochen beziehen und mit "fast nie" (1), "manchmal" (2), "häufig" (3) oder "meistens" (4) beantwortet werden müssen. Zur Auswertung werden für jede Skala transformierte Mittelwerte zwischen null und eins berechnet. Zusätzlich erfolgt die Berechnung eines PSQ-Gesamtscores im Intervall zwischen null und eins. Hohe Werte korrelieren hierbei mit einer starken Ausprägung der entsprechenden Skalen-Eigenschaft.<sup>(46)</sup> Ein stark ausgeprägtes Stresserleben wird nach Levenstein et al. durch PSQ-Gesamtscore-Werte  $> 0,42$  definiert.<sup>(21)</sup>

#### Brief-COPE

Als weiteres Messinstrument zur Untersuchung der patienteneigenen Coping-Mechanismen (Krankheitsbewältigungsstrategien) wurde der Brief-COPE von Carver et al. (1997) eingesetzt, welcher eine verkürzte Version des 1989 entwickelten COPE-Fragebogens darstellt. Beide COPE-Instrumente dienen der Erfassung von generellen und situationsbezogenen Coping-Strategien sowohl gesunder als auch kranker Erwachsener.<sup>(47,48)</sup>

Der Brief-COPE umfasst 28 Items, welche 14 Subskalen (zwei Items pro Skala) zugeteilt werden. Jede Skala repräsentiert hierbei eine eigene Bewältigungsstrategie: „Ablenkung“ (Self-Distraction), „Verleugnung“ (Denial), „Emotionale Unterstützung“ (Emotional Support), „Verhaltensrückzug“ (Behavioral Disengagement), „Positive

Umdeutung“ (Positive Reframing), „Humor“ (Humor), „Aktive Bewältigung“ (Active Coping), „Alkohol/Drogen“ (Substance Use), „Instrumentelle Unterstützung“ (Instrumental Support), „Ausleben von Emotionen“ (Venting), „Planung“ (Planning), „Akzeptanz“ (Acceptance), „Selbstbeschuldigung“ (Self-Blame) und „Religion“ (Religion). In der von uns verwendeten Version nach Knoll et al. (2002) werden die Items weiterhin in vier Kategorien unterteilt: „Focus on positive“ (Humor, Akzeptanz und positives Umdeuten), „Active coping“ (Aktive Bewältigung und Planung), „Support coping“ (Religion, emotionale und instrumentale Unterstützung) und „Evasive coping“ (Verleugnung, Selbstbeschuldigungen, Ausleben von Emotionen).<sup>(47,49)</sup>

Die Patienten können zwischen den vier Antwortmöglichkeiten „überhaupt nicht“ (1), „ein bisschen“ (2), „ziemlich“ (3) und „sehr“ (4) auswählen. Ein hoher Summenscore bedeutet hierbei, dass viele der entsprechenden Bewältigungsstrategien in hohem Maße angewandt werden.

### **3.4.3 Einschätzung der Tinnitusbelastung**

#### Tinnitus-Fragebogen (TF)

In die vorliegende Studie wurden sowohl Patienten ohne Tinnitus als auch Patienten mit einem präoperativ bestehenden Tinnitus eingeschlossen. Um eine ggf. nach der CI-Versorgung auftretende Reduktion der Tinnitusbelastung vergleichend messen zu können, wurde die deutsche Version des Tinnitus-Fragebogens (TF) nach Goebel und Hiller (1994) angewandt, welcher ein Messinstrument zur Untersuchung der subjektiven Belastung durch ein vorhandenes Ohrgeräusch darstellt.<sup>(50)</sup> Der TF wurde speziell zur Quantifizierung und Differenzierung einzelner Schweregrade von Ohrgeräuschen entwickelt und im Nachhinein in mehreren wissenschaftlichen Untersuchungen als reliabel und valide eingestuft.<sup>(51)</sup>

Der Fragebogen besteht aus 52 Items, von welchen 40 Items sechs verschiedenen Skalen zugeordnet werden. Jede Skala repräsentiert hierbei typische Beschwerden von Tinnitus-Patienten sowie deren Auswirkungen: „Emotionale Belastung“ (E), „Kognitive Belastung“ (C), „Penetranz des Tinnitus“ (I), „Hörprobleme“ (A), „Schlafstörungen“ (SI) und „somatische Beschwerden“ (So). Die verbleibenden zwölf Items werden als zusätzliche Hinweise eingestuft, welche über individuelle Aspekte des Tinnitus Aufschluss geben. Jede positiv gestellte Frage kann mit „0 = stimmt“, „1 = stimmt teilweise“ oder „2 = stimmt nicht“ beantwortet werden; bei negativ formulierten Fragen erfolgt eine inverse Bewertung. Durch Addition der Skalensummenwerte erhält man den

TF-Gesamtscore, welcher einen Wert zwischen 0 und 84 annimmt und somit eine Einteilung des Tinnitus in vier Schweregrade zulässt: 0-30 Punkte entsprechen Schweregrad 1 (leicht), 31-46 Punkte Schweregrad 2 (mittelgradig), 47-59 Punkte Schweregrad 3 (schwer) und 60-84 Schweregrad 4 (sehr schwer). Des Weiteren kann eine Zuordnung zu kompensiertem (0-46 Punkte) oder dekompenziertem (47-84 Punkte) Tinnitus erfolgen.<sup>(52)</sup>

### **3.4.4 Erfassung des Hörvermögens**

#### Oldenburger Inventar (OI)

Die Einschätzung des Hörvermögens erfolgte neben der Durchführung der in Kapitel 3.2 beschriebenen Hörtests durch die Auswertung des Oldenburger Inventars. Das OI ist ein 1991 von Holube und Kollmeier an der Universität Oldenburg entwickeltes Instrument zur subjektiven Bewertung von Schwerhörigkeit, durch welches sich die Zufriedenheit der mit Hörhilfen versorgten Patienten abschätzen lässt und Diskrepanzen zwischen subjektiver Wahrnehmung und den Ergebnissen des Tonschwellenaudiogramms erfasst werden können.<sup>(53)</sup>

In der vorliegenden Studie wurde eine 1994 entworfene verkürzte Version des Original-OI verwendet, welche zwölf Fragen aus drei verschiedenen Bereichen umfasst: Richtungshören (zwei Items), Hören in Ruhe (fünf Items) und Hören unter Störgeräuschen (fünf Items). Die Patienten konnten zwischen den Antwortmöglichkeiten „immer“, „oft“, „manchmal“, „selten“ und „nie“ auswählen, welche mit den Punktwerten eins bis fünf bewertet wurden. Der Punktwert fünf wurde jeweils der Bewertung zugeteilt, welche der Antwort eines Normalhörenden entspräche. Weiterhin konnten die Patienten „diese Situation kenne ich nicht“ auswählen.<sup>(54)</sup>

Zur Auswertung werden für alle Einzelbereiche sowie für den gesamten Fragebogen Summenscores berechnet, welche prozentual als Verhältnis zum Ergebnis Normalhörender (max. erreichbarer Punktwert) zwischen 0% und 100% angegeben werden. Je höher der Prozentwert, desto näher ist die subjektive Eigeneinschätzung des Patienten an der eines Hörgesunden. Durch Durchführung des OI sowohl prä- als auch postoperativ ist somit eine Evaluation des subjektiven Erfolgs der CI-Versorgung möglich.<sup>(54)</sup>

### **3.4.5 Erfassung psychischer Komorbiditäten**

#### Allgemeine Depressionsskala (ADS-L)

Bei der Allgemeinen Depressionsskala (ADS-L) handelt es sich um ein Instrument zur Patientenselbsteinschätzung, welches 1993 von Hautzinger und Bailer als deutschsprachige Version der 1977 von Radloff veröffentlichten Center for Epidemiologic Studies Depression Scale (CES-D) entwickelt wurde. Die ADS-L fragt hierbei die Häufigkeit, die Dauer und das Ausmaß depressiver Symptomatik innerhalb der letzten Woche ab.<sup>(55)</sup>

In der vorliegenden Studie wurde die Langform des Tests mit 20 Items verwendet. Die Patienten konnten zur Beantwortung zwischen den Möglichkeiten „selten/überhaupt nicht“ (weniger als ein Tag = 0 Punkte), „manchmal“ (ein bis zwei Tage = 1 Punkt), „öfters“ (drei bis vier Tage = 2 Punkte), und „meistens, die ganze Zeit“ (fünf oder mehr Tage = 3 Punkte) wählen. Die vergebenen Punkte wurden zu einem Summenscore zwischen 0 und 60 Punkten addiert, wobei Werte > 23 Punkte Anhalt für eine bestehende depressive Symptomatik geben können. Hierbei ist zu beachten, dass lediglich 16 der abgefragten Items positiv gepolt sind und somit nach oben genanntem Muster bewertet werden. Die vier verbleibenden Items sind negativ gepolt, so dass die Antwort „selten/überhaupt nicht“ drei Punkten entspricht und dementsprechend „meistens, die ganze Zeit“ null Punkten. Anhand der ADS-L lassen sich des Weiteren Schwere und Tiefe der Depression ablesen sowie ein Verlauf der depressiven Symptomatik bewerten, wodurch sie sich gut eignete, um in der vorliegenden Studie prä- und postoperative Ergebnisse miteinander zu vergleichen.<sup>(55)</sup>

#### Generalized Anxiety Disorder-Fragebogen (GAD-7)

Der GAD-7 ist ein 2006 von Spitzer et al. entwickeltes Instrument zur Untersuchung des Vorhandenseins und Schweregrades generalisierter Angststörungen. Es handelt sich hierbei um einen Fragebogen, der durch Selbstevaluation die letzten zwei Wochen hinsichtlich spezifischer Symptome beleuchtet.<sup>(56,57)</sup> Hierzu werden die im Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fourth Edition (DSM-IV) beschriebenen Symptomkriterien für generalisierte Angststörungen abgefragt.<sup>(56)</sup> Zusätzlich eignet sich der GAD-7 aber auch für das Aufdecken von sozialen Phobien, posttraumatischen Belastungsstörungen oder Panikstörungen.<sup>(58)</sup>

Mit Hilfe von sieben Items werden die sieben Kernsymptome generalisierter Angststörungen abgefragt, wobei die Fragen jeweils mit „überhaupt nicht“, „an einigen

Tagen", „an mehr als der Hälfte der Tage" oder „fast jeden Tag" beantwortet werden können.<sup>(56)</sup> Den Antworten werden Punktwerte von null (überhaupt nicht) bis drei (fast jeden Tag) zugeordnet, wodurch sich ein Gesamtergebnis zwischen 0 und 21 Punkten ergibt. Hierbei stehen Werte von 0 bis 4 für eine minimale, Werte von 5 bis 9 für eine geringe, Werte von 10 bis 14 für eine mittelgradige und Werte von 15 bis 21 für eine schwere Ausprägung der Angstsymptomatik. Zusätzlich enthält der Test ein Einzelitem, welches zur Einschätzung der Funktionsfähigkeit des Patienten im Alltag dient und gesondert ausgewertet wird – auch hier wieder mit Hilfe von 4 Antwortmöglichkeiten: „Überhaupt nicht erschwert“, „etwas erschwert“, „relativ stark erschwert“ und „sehr stark erschwert“.<sup>(56)</sup>

### **3.5 Statistische Grundlage und Auswertung**

Die statistische Auswertung wurde mit dem Programm SAS, Version 9.2 des Unternehmens SAS Institute, durchgeführt (Copyright © SAS Institute Inc., SAS Campus Drive, Cary, North Carolina 27513, USA). Das Signifikanzniveau wurde mit  $p \leq 0,05$  festgelegt. Für den Vergleich der prä- und postoperativen Ergebnisse innerhalb der AHL- bzw. innerhalb der DSD-Kohorte wurde der Wilcoxon-Vorzeichen-Rangtest (Wilcoxon signed-rank test) zum Vergleich zweier abhängiger, kontinuierlicher, nicht-normalverteilter Variablen verwendet. Zum Vergleich der Ergebnisse zwischen beiden Gruppen (AHL- und DSD-Patienten) fand der Wilcoxon-Rangsummentest (Mann-Whitney-U-Test) zum Vergleich zweier unabhängiger, kontinuierlicher, nicht-normalverteilter Variablen Anwendung.

## **4 Ergebnisse**

### **4.1 Beschreibung der Gesamtkohorte**

Insgesamt wurden 90 Patienten in die vorliegende Studie eingeschlossen. 43 der eingeschlossenen Patienten waren männlichen und 47 weiblichen Geschlechts, wodurch das Geschlechterverhältnis von Männern zu Frauen bei 1:1,09 lag. Das durchschnittliche Alter der Patienten zum Zeitpunkt der CI-Versorgung betrug 62,26 Jahre, die Altersverteilung variierte hierbei von 23,93 bis 79,67 Jahren. Die Ertaubungsdauer lag zum Zeitpunkt der Operation bei durchschnittlich 17,35 Jahren, wobei die Dauer der Ertaubung vor der Operation zwischen minimal 0 und maximal 68 Jahren variierte.

Durch Wohnortwechsel und Begleiterkrankungen war nicht bei allen Patienten eine vollständige postoperative Datenerhebung möglich. Teilweise konnten primär nicht vorhandene Daten durch Ergebnisse postoperativer Testungen aus dem Hörtherapiezentrum Oberlinhaus Potsdam ergänzt werden (sprachaudiometrische Daten).

#### **4.1.1 Beschreibung der AHL-Kohorte**

Von 90 insgesamt in die Studie eingeschlossenen Patienten konnten 45 Probanden anhand der in Kapitel 1.3 beschriebenen Kriterien der Gruppe der AHL-Patienten zugeordnet werden. 23 dieser Patienten waren männlichen, 22 weiblichen Geschlechts, wodurch das Verhältnis von männlichen zu weiblichen Probanden bei 1:0,95 lag. Das Durchschnittsalter der Kohorte lag bei 62,3 Jahren, wobei das Alter zum OP-Zeitpunkt zwischen 26,16 Jahren und 79,67 Jahren variierte (SD 11,69 Jahre). Probanden der AHL-Kohorte waren zum Zeitpunkt der CI-Versorgung durchschnittlich seit 17,2 Jahren ertaubt (Minimum 0,25 Jahre, Maximum 68 Jahre, SD 20,82 Jahre). 24 Patienten wurden links, 21 Patienten rechts mit einem Cochlea-Implantat versorgt.

#### **4.1.2 Beschreibung der DSD-Kohorte**

Die verbleibenden 45 Patienten gehörten gemäß der in Kapitel 1.3 beschriebenen Kriterien der Gruppe der DSD-Patienten an und wurden – wie in den Kapiteln 3.1 und 3.2 beschrieben – in einem zweiten Rekrutierungsschritt im Rahmen des Matching-Verfahrens in die vorliegende Studie eingeschlossen. Es handelte sich hierbei um 20 männliche und 25 weibliche Probanden, so dass das Verhältnis von Männern zu



Frauen bei 1:0,8 lag. Das durchschnittliche Alter zum Zeitpunkt der Implantation lag bei 62,2 Jahren. Die Altersverteilung innerhalb der Gruppe zeigte hierbei eine Varianz von 23,93 bis 79,56 Jahren (SD 12,22 Jahre). Durchschnittlich waren die Probanden der DSD-Kohorte zum Zeitpunkt der operativen Versorgung mit dem CI seit 17,5 Jahren ertaubt (Minimum 0 Jahre, Maximum 67 Jahre, SD 21,24 Jahre). 23 Patienten wurden auf der linken und 22 Patienten auf der rechten Seite mit einem CI versorgt.

## 4.2 Ergebnisse sprachaudiometrischer Untersuchungen

### 4.2.1 Veränderung der sprachaudiometrischen Ergebnisse innerhalb der AHL-Kohorte

In der vorliegenden Studie wurde ausschließlich der Freiburger Einsilbertest sowohl prä- als auch postoperativ angewandt, wodurch nur hier ein Vergleich innerhalb der Untergruppen (präoperative Ergebnisse gegenüber postoperativen Ergebnissen) möglich wurde. Die Durchführung des Tests erfolgte prä- als auch postoperativ bei 65 dB.

#### 4.2.1.1 Veränderung der Ergebnisse des Freiburger Einsilbertests innerhalb der AHL-Kohorte

Präoperativ erreichten 14 Patienten auf dem operativ zu versorgenden Ohr durchschnittlich ein Sprachverstehen von 14,64% (Min 0%, Max 80%, SD 22,66%). Auf dem Gegenohr erfolgte präoperativ bei 30 Patienten eine Auswertung. Diese erreichten im Durchschnitt ein Sprachverstehen von 74,67% (Min 0%, Max 100%, SD 30,74%). Postoperativ konnten Ergebnisse von 35 Patienten ausgewertet werden, welche durchschnittlich ein Sprachverstehen von 37,94% zeigten (Min 0%, Max 85%, SD 26,65%).

Es wurde bei den 11 sowohl prä- als auch postoperativ untersuchten AHL-Patienten eine signifikante Verbesserung im Freiburger Einsilbertest festgestellt ( $p = 0,0449$ ).

	<b>N vor</b>	<b>MW vor CI (%)</b>	<b>SD</b>	<b>N nach</b>	<b>MW nach CI (%)</b>	<b>SD</b>	<b>N vor/nach</b>	<b>p</b>
<b>FE</b>	14	14,64	22,66	35	37,94	25,65	11	<b>0,0449</b>

Tabelle 9: Ergebnisse des Freiburger Einsilbertests innerhalb der AHL-Kohorte

#### 4.2.2 Veränderung der sprachaudiometrischen Ergebnisse innerhalb der DSD-Kohorte

Auch in der Gruppe der DSD-Patienten wurde ausschließlich der Freiburger Einsilbertest sowohl prä- als auch postoperativ angewandt, wodurch nur hier ein Vergleich innerhalb der Untergruppe (präoperative Ergebnisse gegenüber postoperativen Ergebnissen) möglich war. Die Durchführung des Tests erfolgte – wie bereits in der AHL-Kohorte - bei 65 dB.

##### 4.2.2.1 Veränderung der Ergebnisse des Freiburger Einsilbertests innerhalb der DSD-Kohorte

Präoperativ erreichten 26 Patienten auf dem operativ zu versorgenden Ohr durchschnittlich ein Sprachverstehen von 8,85% (Min 0%, Max 60%, SD 16,87%). Auf dem Gegenohr konnte präoperativ bei 31 Patienten eine Auswertung erfolgen, welche im Durchschnitt ein Sprachverstehen von 22,01% erbrachte (Min 0%, Max 60%, SD 20,36%). Postoperativ konnten Ergebnisse von 40 Patienten ausgewertet werden, welche durchschnittlich ein Sprachverstehen von 39,5% auf dem versorgten Ohr zeigten (Min 0%, Max 100%, SD 25,29%).

Es konnte bei den 24 sowohl prä-, als auch postoperativ untersuchten DSD-Patienten eine hochsignifikante Verbesserung im Freiburger Einsilbertest festgestellt werden ( $p < 0,0001$ ).

	N vor	MW vor CI (%)	SD	N nach	MW nach CI (%)	SD	N vor/nach	p
FE	26	8,85	16,87	40	39,5	25,29	24	<.0001

Tabelle 10: Ergebnisse des Freiburger Einsilbertests innerhalb der DSD-Kohorte

#### 4.2.3 Vergleich der sprachaudiometrischen Ergebnisse zwischen AHL- und DSD-Kohorte ein halbes Jahr postoperativ

Die postoperativen audiometrischen Untersuchungen wurden in beiden Gruppen ca. sechs Monate nach der CI-Implantation durchgeführt. Sowohl für den Freiburger Einsilbertest als auch für den Oldenburger Satztest wurden in beiden Gruppen Daten erhoben, so dass diese vergleichend für das mit dem Implantat versorgte Ohr ausgewertet werden konnten.

#### 4.2.3.1 Vergleich der Ergebnisse des Oldenburger Satztests zwischen AHL- und DSD-Kohorte ein halbes Jahr postoperativ

Es ist zu beachten, dass das Sprachverstehen beim OLSA umso besser ist, je kleiner das nach der Testung berechnete Ergebnis ausfällt. Dies ergibt sich durch die Berechnung der SVS im Signal-Rausch-Abstand (Pegel von Sprachsignal und Störgeräusch werden zur Verhältnisbildung voneinander subtrahiert, wodurch auch negative Ergebnisse möglich sind).

Die 23 AHL-Patienten erzielten postoperativ ein durchschnittliches OLSA-Ergebnis von 3,21dB S/N (Min -3,6 dB S/N, Max 11,4 dB S/N, SD 4,48 dB S/N).

Für die 33 eingeschlossenen DSD-Patienten wurde ein durchschnittlicher postoperativer SVS-Wert von 11,68 dB S/N erzielt (Min -2,0 dB S/N, Max 90,0 dB S/N, SD 21,14 dB S/N).

Anhand der vorliegenden Ergebnisse konnte gezeigt werden, dass die Gruppe der AHL-Patienten ein halbes Jahr nach der Operation ein signifikant besseres Ergebnis erzielte ( $p = 0,0494$ ).

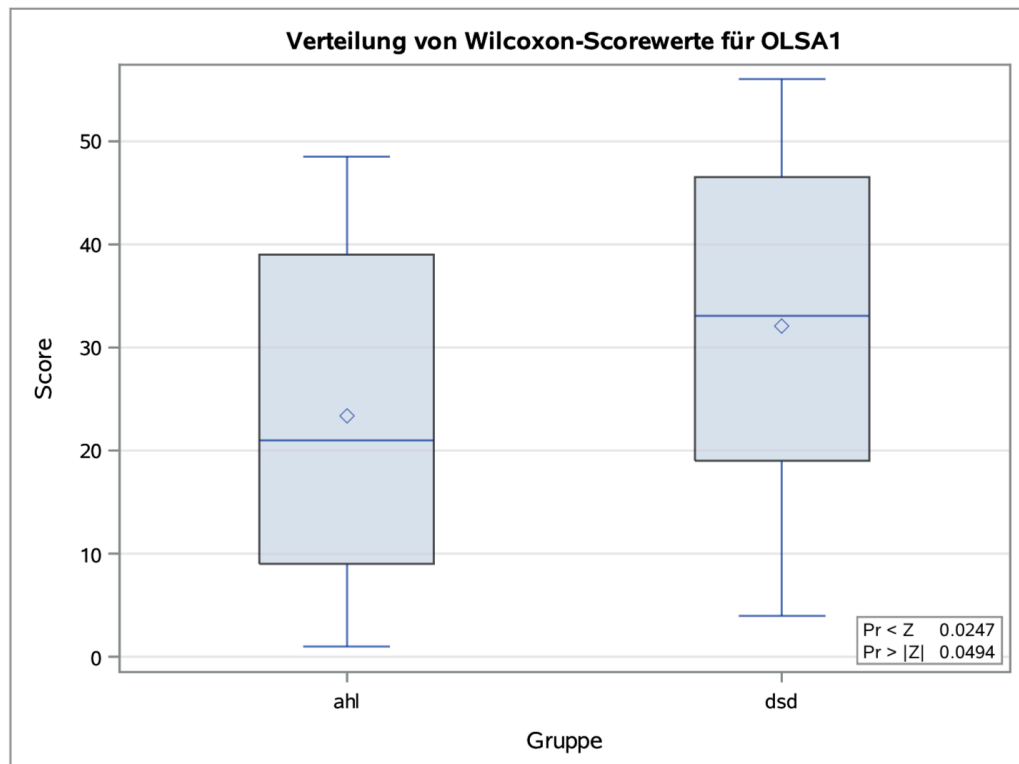


Abbildung 11: Vergleich der postoperativen Ergebnisse des OLSA zwischen AHL & DSD

#### 4.2.3.2 Vergleich der Ergebnisse des Freiburger Einsilbertests zwischen AHL- und DSD-Kohorte ein halbes Jahr postoperativ

Wie unter Punkt 4.2.2 beschrieben, hatten die 35 AHL-Patienten mit dem CI-versorgten Ohr im Durchschnitt ein postoperatives Sprachverstehen von 37,94% (Min 0%, Max 85%, SD 26,65%), die 40 DSD-Patienten hingegen ein mittleres Sprachverstehen von 39,5% (Min 0%, Max 100%, SD 25,29%).

Die postoperativen Ergebnisse des Freiburger Einsilbertests unterschieden sich somit zwischen den beiden Gruppen nicht signifikant ( $p = 0,9364$ ).

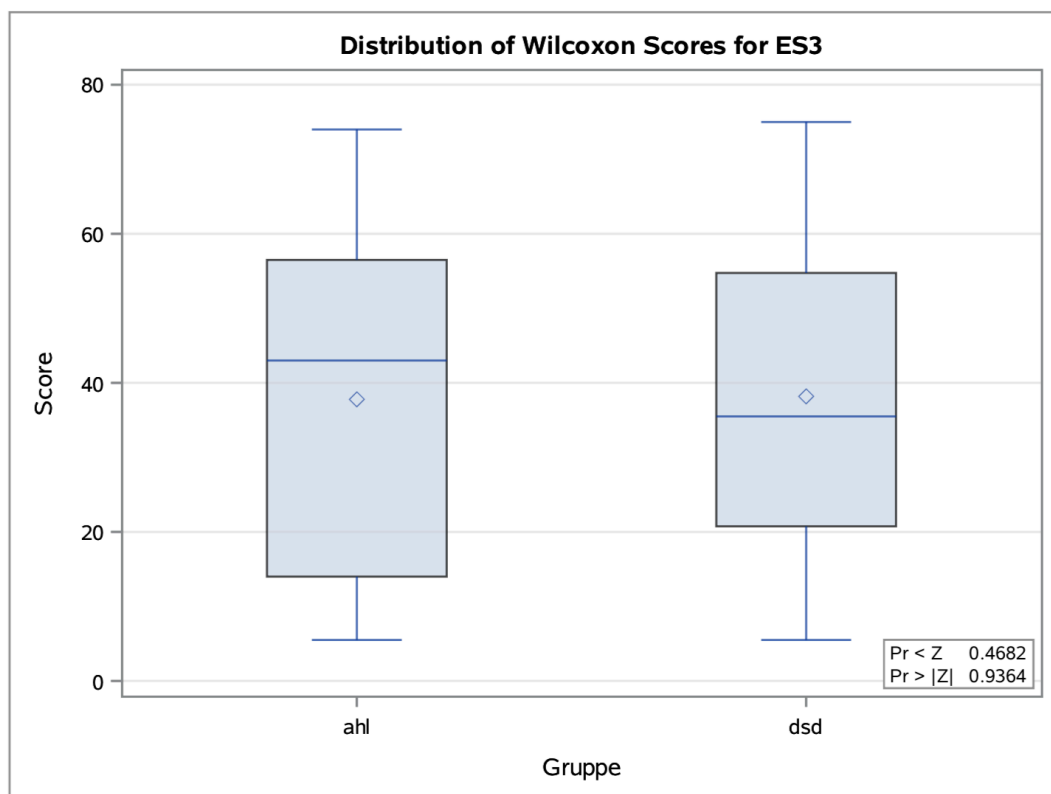


Abbildung 12: Vergleich der postoperativen Ergebnisse des Freiburger Einsilbertests zwischen AHL & DSD

### 4.3 Ergebnisse der Fragebögen

#### 4.3.1 Ergebnisse der Auswertungen zur Lebensqualität

Zur Untersuchung der Lebensqualität wurden in der vorliegenden Studie die auf Fragebögen basierten Tests NCIQ und SF-36 ausgewertet. Beide Tests wurden sowohl in der DSD- als auch in der AHL-Kohorte prä- und postoperativ zur Datenerhebung herangezogen, so dass sowohl innerhalb beider Gruppen als auch vor und nach Implantation zwischen beiden Patientenkohorten vergleichende Auswertungen möglich waren.

#### 4.3.1.1 Veränderung der Lebensqualität innerhalb der AHL-Kohorte

##### Nijmegen Cochlear Implant Questionnaire (NCIQ)

Innerhalb der AHL-Kohorte konnten keinerlei signifikante Veränderungen (in allen Ergebnissen  $p > 0,05$ ) festgestellt werden. Dennoch konnten in allen Domänen sowie auch in der Auswertung der NCIQ-Gesamtergebnisse Verbesserungen der angegebenen Prozentzahlen gezeigt werden. Die bedeutendsten Veränderungen zeigten sich im Bereich „Soziale Interaktion“.

	N vor	MW vor CI (%)	SD	N nach	MW nach CI (%)	SD	N vor/nach	p
<b>Elementare Stimmwahrnehmung</b>	39	62,49	18,73	39	66,84	18,81	33	0,3018
<b>Wahrnehmung von Musik &amp; Sprache</b>	39	64,29	19,41	39	65,91	19,05	33	0,4432
<b>Kontrolle eigener Stimmqualität</b>	39	76,30	16,75	39	77,98	16,63	33	0,9847
<b>Selbstwertgefühl</b>	39	51,60	17,32	39	54,54	15,75	33	0,1350
<b>Aktivität</b>	39	50,77	22,06	39	54,38	19,46	33	0,0961
<b>Soziale Interaktion</b>	39	51,71	20,09	39	55,90	20,70	33	0,0513
<b>NCIQ Total</b>	39	59,67	16,11	39	62,64	15,02	33	0,0749

Tabelle 11: Ergebnisse des NCIQ innerhalb der AHL-Kohorte

##### Medical Outcome Study Short Form 36 Health Survey (SF-36)

Signifikante Ergebnisse konnten lediglich für die Domänen „Körperliche Schmerzen“, „Soziale Funktionsfähigkeit“ und für die „Körperlichen und Psychischen Summenskalen“ berechnet werden: Der Punktwert der Domäne „Körperliche Schmerzen“ nahm postoperativ signifikant ab (von  $82,95 \pm 30,41$  auf  $76,43 \pm 28,93$ ;  $p = 0,0395$ ). Auch in den Domänen „Körperliche Rollenfunktion“, „Körperliche Funktionsfähigkeit“ und „Allgemeine Gesundheitswahrnehmung“ kam es zu einer Abnahme der Punktwerte. Gleichzeitig kam es aber zu einer signifikanten Zunahme der Scores innerhalb der Domäne „Soziale Funktionsfähigkeit“ (von  $70,12 \pm 30,86$  auf  $84,46 \pm 20,07$ ;  $p = 0,003$ ). In den Domänen „Vitalität“, „Emotionale Rollenfunktion“, „Psychisches Wohlbefinden“ und „Gesundheitsveränderung“ wurden postoperativ ebenfalls höhere Punktwerte erzielt.

Diese Ergebnisse spiegelten sich auch in den beiden Summenskalen wieder: Es kam innerhalb der AHL-Kohorte postoperativ zu einer signifikanten Abnahme des erzielten

Punktwertes in der Körperlichen Summenskala ( $p = 0,0132$ ), wohingegen es innerhalb der Psychischen Summenskala zu einer signifikanten Zunahme kam ( $p = 0,0056$ ).

	N vor	MW vor CI	SD	N nach	MW nach CI	SD	N vor/nach	p
<b>SF-36 Körp. Funktionsfähigkeit</b>	41	78,15	24,48	37	77,70	24,57	33	0,7089
<b>SF-36 Körp. Rollenfunktion</b>	41	73,17	40,07	37	69,59	44,15	33	0,6975
<b>SF-36 Körp. Schmerzen</b>	41	82,95	30,41	37	76,43	28,93	33	<b>0,0395</b>
<b>SF-36 Allg. Gesundheitswahrnehmung</b>	41	60,93	25,23	37	55,97	17,46	33	0,1297
<b>SF-36 Vitalität</b>	41	53,58	26,87	37	59,46	18,74	33	0,3574
<b>SF-36 Soziale Funktionsfähigkeit</b>	41	70,12	30,86	37	84,46	20,07	33	<b>0,0030</b>
<b>SF-36 Emotionale Rollenfunktion</b>	41	78,86	37,83	37	82,88	36,53	33	1,0000
<b>SF-36 Psychisches Wohlbefinden</b>	41	67,56	22,91	37	72,22	15,60	33	0,5163
<b>SF-36 Gesundheitsveränderung</b>	41	2,78	1,04	37	3,05	0,40	33	0,1016
<b>SF-36 Körp. Summenskala</b>	36	50,30	8,68	35	45,78	11,68	27	<b>0,0132</b>
<b>SF-36 Psych. Summenskala</b>	36	47,91	9,69	35	51,75	8,13	27	<b>0,0056</b>

Tabelle 12: Ergebnisse des SF-36 innerhalb der AHL-Kohorte

#### 4.3.1.2 Veränderung der Lebensqualität innerhalb der DSD-Kohorte

##### Nijmegen Cochlear Implant Questionnaire (NCIQ)

Es kam in mehreren untersuchten Domänen zu signifikanten Verbesserungen der post- gegenüber den präoperativen Ergebnissen : „Elementare Schallwahrnehmung“ (von  $38,65\% \pm 19,67\%$  auf  $56,49\% \pm 19,12\%$ ;  $p < 0,0001$ ), „Sprach- und Musikwahrnehmung“ (von  $43,6\% \pm 16,96\%$  auf  $54,26\% \pm 18,86\%$ ;  $p < 0,0001$ ), „Selbstwertgefühl“ (von  $45,1\% \pm 15,43\%$  auf  $52,52\% \pm 15,16\%$ ;  $p = 0,0223$ ), „Aktivitätsverhalten“ (von  $39,89\% \pm 16,11\%$  auf  $46,73\% \pm 18,06\%$ ;  $p = 0,0091$ ), „Soziale Kontakte“ (von  $43,33\% \pm 13,88\%$  auf  $54,09\% \pm 21,22\%$ ;  $p = 0,0003$ ) und „NCIQ Gesamt“ (von  $45,62 \pm 11,23$  auf  $55,79 \pm 13,53$   $p < 0,0001$ ). Lediglich in der Domäne „Kontrolle der eigenen Stimmqualität“ kam es zu einer Verbesserung, welche aber nicht signifikant ausfiel (von  $63,58\% \pm 17,7\%$  auf  $70,19\% \pm 17,12\%$ ;  $p = 0,0644$ ). Präoperativ handelte es sich hierbei aber um die Domäne mit den höchsten Scores (MW präop.  $63,58\%$ )

Innerhalb der Domänen „Elementare Schallwahrnehmung“, „Sprach- und Musikwahrnehmung“ und „NCIQ total“ konnten somit die Veränderungen mit dem höchsten Signifikanzniveau ( $p < 0,0001$ ) verzeichnet werden.

	N vor	MW vor CI (%)	SD	N nach	MW nach CI (%)	SD	N vor/nach	p
<b>Elementare Stimmwahrnehmung</b>	34	38,65	19,67	30	56,49	19,12	30	<b>&lt;0,0001</b>
<b>Wahrnehmung von Musik &amp; Sprache</b>	34	43,60	16,96	30	54,26	18,86	30	<b>&lt;0,0001</b>
<b>Kontrolle eigener Stimmqualität</b>	34	63,58	17,70	30	70,19	17,12	30	0,0644
<b>Selbstwertgefühl</b>	34	45,10	15,43	30	52,52	15,16	30	<b>0,0223</b>
<b>Aktivität</b>	34	39,89	16,11	30	46,73	18,06	30	<b>0,0091</b>
<b>Soziale Interaktion</b>	34	43,33	13,88	30	54,09	21,22	30	<b>0,0003</b>
<b>NCIQ Total</b>	34	45,62	11,23	30	55,79	13,53	30	<b>&lt;0,0001</b>

Tabelle 13: Ergebnisse des NCIQ innerhalb der DSD-Kohorte

### Medical Outcome Study Short Form 36 Health Survey (SF-36)

Signifikante Ergebnisse konnten in keiner der untersuchten Domänen verzeichnet werden. Die Punktwerte der Domänen „Körperliche Schmerzen“, „Körperliche Rollenfunktion“, „Körperliche Funktionsfähigkeit“, „Emotionale Rollenfunktion“ und „Gesundheitsveränderung“ nahmen postoperativ etwas ab.

Gleichzeitig kam es zu einer leichten Zunahme der Punktwerte innerhalb der Domänen „Allgemeine Gesundheitswahrnehmung“, „Vitalität“, „Soziale Funktionsfähigkeit“ und „Psychisches Wohlbefinden“.

Es kam innerhalb der DSD-Kohorte postoperativ zu einer leichten Abnahme des erzielten Punktwertes in der körperlichen Summenskala (von  $45,3 \pm 11,31$  auf  $43,02 \pm 11,03$ ;  $p=0,1293$ ), wohingegen es innerhalb der psychischen Summenskala zu einer leichten Zunahme kam (von  $44,66 \pm 10,55$  auf  $48,84 \pm 10,27$ ;  $p=0,1583$ ).

	N vor	MW vor CI	SD	N nach	MW nach CI	SD	N vor/nach	p
<b>SF-36 Körp. Funktionsfähigkeit</b>	33	69,34	28,08	30	67,26	27,19	30	0,1133
<b>SF-36 Körp. Rollenfunktion</b>	33	62,12	44,69	30	53,06	45,72	30	0,2912
<b>SF-36 Körp. Schmerzen</b>	33	76,06	30,77	30	70,07	33,79	30	0,2488
<b>SF-36 Allg. Gesundheitswahrnehmung</b>	33	55,15	20,60	30	55,66	20,36	30	0,9840
<b>SF-36 Vitalität</b>	33	54,09	20,90	30	54,94	23,67	30	0,7395
<b>SF-36 Soziale Funktionsfähigkeit</b>	33	67,05	27,03	30	74,17	27,45	30	0,1483
<b>SF-36 Emotionale Rollenfunktion</b>	33	71,72	40,93	30	68,89	43,71	30	0,7240
<b>SF-36 Psychisches Wohlbefinden</b>	33	58,94	21,11	30	67,33	23,47	30	0,0514
<b>SF-36 Gesundheitsveränderung</b>	33	3,24	0,75	30	2,97	0,41	30	0,1758
<b>SF-36 Körp. Summenskala</b>	32	45,30	11,31	28	43,02	11,03	28	0,1293
<b>SF-36 Psych. Summenskala</b>	32	44,66	10,55	28	48,84	10,27	28	0,1583

Tabelle 14: Ergebnisse des SF-36 innerhalb der DSD-Kohorte

#### 4.3.1.3 Vergleich der Lebensqualität zwischen AHL- und DSD-Kohorte prä- und ein halbes Jahr postoperativ

##### Nijmegen Cochlear Implant Questionnaire (NCIQ)

Präoperativ konnte die AHL-Kohorte in den Domänen „Elementare

Stimmwahrnehmung“ (AHL: 62,49% ± 18,73%; DSD: 38,65% ± 19,67%; p<0,0001)

„Sprach- und Musikwahrnehmung“ (AHL: 64,29% ± 19,41%; DSD: 43,6% ± 16,96%;

p<0,0001), „Kontrolle der eigenen Stimmqualität“ (AHL: 76,3% ± 16,75%; DSD: 63,58%

± 17,7%; p=0,002), „Aktivität“ (AHL: 50,77% ± 22,06%; DSD: 39,89% ± 16,11%;

p=0,0243) und „NCIQ Gesamt“ (AHL: 59,67% ± 16,11%; DSD: 45,62% ± 11,23%;

p<0,0001) signifikant bessere Ergebnisse als die DSD-Kohorte erzielen. Auch in den

verbleibenden Domänen waren die Ergebnisse der AHL-Patienten jeweils besser,

unterschieden sich aber nicht signifikant von denen der DSD-Patienten.

Das höchste Signifikanzniveau (p<0,0001) wurde in den Domänen „Elementare

Stimmwahrnehmung“, „Sprach- und Musikwahrnehmung“ und „NCIQ Gesamt“ erreicht.



	N AHL	MW vor CI (%)	SD	N DSD	MW vor CI (%)	SD	Diff. MW (%)	p
<b>Elementare Stimmwahrnehmung</b>	39	62,49	18,73	34	38,65	19,67	23,84	<b>&lt;0,0001</b>
<b>Wahrnehmung von Musik &amp; Sprache</b>	39	64,29	19,41	34	43,60	16,96	20,69	<b>&lt;0,0001</b>
<b>Kontrolle eigener Stimmqualität</b>	39	76,30	16,75	34	63,58	17,70	12,72	<b>0,0020</b>
<b>Selbstwertgefühl</b>	39	51,60	17,32	34	45,10	15,43	6,5	0,0832
<b>Aktivität</b>	39	50,77	22,06	34	39,89	16,11	10,88	<b>0,0243</b>
<b>Soziale Interaktion</b>	39	51,71	20,09	34	43,33	13,88	8,38	0,0542
<b>NCIQ Total</b>	39	59,67	16,11	34	45,62	11,23	14,05	<b>&lt;0,0001</b>

Tabelle 15: Vergleich der NCIQ-Ergebnisse zw. AHL & DSD präoperativ

Auch postoperativ konnte die AHL-Kohorte in allen Subdomänen bessere Ergebnisse erzielen als die DSD-Kohorte, wobei die Unterschiede innerhalb der untersuchten Domänen zwischen beiden Gruppen postoperativ kleiner waren als vor der CI-Versorgung.

Signifikante Ergebnisse lagen postoperativ lediglich für drei Domänen vor: „Elementare Stimmwahrnehmung“ (AHL: 66,84% ± 18,81%; DSD: 56,49% ± 19,12%; p=0,0224), „Sprach- und Musikwahrnehmung“ (AHL: 65,91% ± 19,05%; DSD: 54,26% ± 18,86%, p=0,0149) und „NCIQ Gesamt“ (AHL: 62,64% ± 15,02%; DSD: 55,79% ± 13,53%; p=0,0432).

	N AHL	MW nach CI (%)	SD	N DSD	MW nach CI (%)	SD	Diff. MW (%)	p
<b>Elementare Stimmwahrnehmung</b>	39	66,84	18,81	30	56,49	19,12	10,35	<b>0,0224</b>
<b>Wahrnehmung von Musik &amp; Sprache</b>	39	65,91	19,05	30	54,26	18,86	11,65	<b>0,0149</b>
<b>Kontrolle eigener Stimmqualität</b>	39	77,98	16,63	30	70,19	17,12	7,79	0,0572
<b>Selbstwertgefühl</b>	39	54,54	15,75	30	52,52	15,16	2,02	0,7851
<b>Aktivität</b>	39	54,38	19,46	30	46,73	18,06	7,65	0,0935
<b>Soziale Interaktion</b>	39	55,90	20,70	30	54,09	21,22	1,81	0,6411
<b>NCIQ Total</b>	39	62,64	15,02	30	55,79	13,53	6,85	<b>0,0432</b>

Tabelle 16: Vergleich der NCIQ-Ergebnisse zw. AHL & DSD postoperativ

### Medical Outcome Study Short Form 36 Health Survey (SF-36)

Vor der CI-Versorgung konnten lediglich in zwei der untersuchten Domänen signifikante Unterschiede zwischen DSD- und AHL-Kohorte festgestellt werden: Die AHL-Patienten

erzielten in der Domäne „Psychisches Wohlbefinden“ (AHL:  $67,56 \pm 22,91$ ; DSD:  $58,94 \pm 21,11$ ;  $p=0,0497$ ) signifikant höhere Punktwerte, wohingegen die DSD-Kohorte die Domäne „Gesundheitsveränderung“ (AHL:  $2,78 \pm 1,04$ ; DSD:  $3,24 \pm 0,75$ ;  $p=0,0422$ ) signifikant besser bewertete. Davon abgesehen gab es lediglich eine weitere Domäne (Vitalität), welche die DSD-Kohorte präoperativ besser bewertete als die AHL-Kohorte. In allen anderen untersuchten Domänen ergaben die Auswertungen jeweils höhere präoperative Ergebnisse für die AHL-Patienten. In keiner der beiden Summenskalen konnten signifikante Unterschiede verzeichnet werden.

	N AHL	MW vor CI	SD	N DSD	MW vor CI	SD	Diff. MW	p
<b>SF-36 Körp. Funktionsfähigkeit</b>	41	78,15	24,48	33	69,34	28,08	8,81	0,1755
<b>SF-36 Körp. Rollenfunktion</b>	41	73,17	40,07	33	62,12	44,69	11,05	0,2479
<b>SF-36 Körp. Schmerzen</b>	41	82,95	30,41	33	76,06	30,77	6,89	0,2309
<b>SF-36 Allg. Gesundheitswahrnehmung</b>	41	60,93	25,23	33	55,15	20,60	5,78	0,1599
<b>SF-36 Vitalität</b>	41	53,58	26,87	33	54,09	20,90	-0,51	0,8744
<b>SF-36 Soziale Funktionsfähigkeit</b>	41	70,12	30,86	33	67,05	27,03	3,07	0,4223
<b>SF-36 Emotionale Rollenfunktion</b>	41	78,86	37,83	33	71,72	40,93	7,14	0,4055
<b>SF-36 Psychisches Wohlbefinden</b>	41	67,56	22,91	33	58,94	21,11	8,62	<b>0,0497</b>
<b>SF-36 Gesundheitsveränderung</b>	41	2,78	1,04	33	3,24	0,75	-0,46	<b>0,0422</b>
<b>SF-36 Körp. Summenskala</b>	36	50,30	8,68	32	45,30	11,31	5,0	0,0618
<b>SF-36 Psych. Summenskala</b>	36	47,91	9,69	32	44,66	10,55	3,25	0,1726

Tabelle 17: Vergleich der SF-36-Ergebnisse zw. AHL & DSD präoperativ

Postoperativ konnte in keiner der untersuchten Domänen (inklusive beider Summenskalen) ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen festgestellt werden. Die AHL-Kohorte bewertete alle Subskalen besser als die DSD-Kohorte.

	N AHL	MW nach CI	SD	N DSD	MW nach CI	SD	Diff. MW	p
<b>SF-36 Körp. Funktionsfähigkeit</b>	37	77,70	24,57	30	67,26	27,19	10,44	0,0689
<b>SF-36 Körp. Rollenfunktion</b>	37	69,59	44,15	30	53,06	45,72	16,53	0,1138
<b>SF-36 Körp. Schmerzen</b>	37	76,43	28,93	30	70,07	33,79	6,36	0,4717
<b>SF-36 Allg. Gesundheits wahrnehmung</b>	37	55,97	17,46	30	55,66	20,36	0,31	0,9445
<b>SF-36 Vitalität</b>	37	59,46	18,74	30	54,94	23,67	4,52	0,6393
<b>SF-36 Soziale Funktionsfähigkeit</b>	37	84,46	20,07	30	74,17	27,45	10,29	0,1303
<b>SF-36 Emotionale Rollenfunktion</b>	37	82,88	36,53	30	68,89	43,71	13,99	0,1249
<b>SF-36 Psychisches Wohlbefinden</b>	37	72,22	15,60	30	67,33	23,47	4,89	0,5565
<b>SF-36 Gesundheitsveränderung</b>	37	3,05	0,40	30	2,97	0,41	0,08	0,3838
<b>SF-36 Körp. Summenskala</b>	35	45,78	11,68	28	43,02	11,03	2,76	0,1935
<b>SF-36 Psych. Summenskala</b>	35	51,75	8,13	28	48,84	10,27	2,91	0,2995

Tabelle 18: Vergleich der SF-36-Ergebnisse zw. AHL & DSD postoperativ

#### 4.3.2 Ergebnisse der Auswertungen zu Stressbelastung und Copingmechanismen

Zur Untersuchung von Stresserleben/-belastung und angewandten Copingmechanismen wurden in der vorliegenden Studie die auf Fragebögen basierten Tests PSQ und Brief-COPE ausgewertet. Beide Tests wurden sowohl in der DSD- als auch in der AHL-Kohorte prä- und postoperativ zur Datenerhebung herangezogen, so dass sowohl innerhalb beider Gruppen als auch vor und nach Implantation zwischen beiden Patientenkohorten vergleichende Auswertungen möglich waren.

##### 4.3.2.1 Veränderung von Stressbelastung und Copingmechanismen innerhalb der AHL-Kohorte

###### Perceived Stress Questionnaire (PSQ)

Für insgesamt 24 Patienten konnte eine vergleichende Auswertung der prä- und postoperativen Ergebnisse innerhalb der AHL-Kohorte vorgenommen werden. Hierbei kam es zu keinerlei signifikanten Veränderungen (in allen Ergebnissen  $p > 0,05$ ). In den Domänen „Anspannung“, „Anforderungen“ und „PSQ gesamt“ kam es postoperativ zu einer leichten Abnahme des Mittelwertes, in den verbleibenden Domänen („Sorgen“, „Freude“) zu postoperativ höheren Ergebnissen. Die insgesamt höchsten Werte traten sowohl prä- als auch postoperativ in der Domäne „Freude“ auf.

	N vor	MW vor CI	SD	N nach	MW nach CI	SD	N vor/nach	p
<b>Sorgen</b>	31	0,15	0,21	37	0,19	0,25	24	0,6079
<b>Anspannung</b>	31	0,34	0,25	37	0,31	0,26	24	0,6994
<b>Freude</b>	31	0,55	0,27	36	0,58	0,23	24	0,5375
<b>Anforderungen</b>	31	0,26	0,22	37	0,24	0,23	24	0,1935
<b>PSQ gesamt</b>	31	0,30	0,19	37	0,29	0,20	24	0,9317

Tabelle 19: Ergebnisse des PSQ innerhalb der AHL-Kohorte

### Brief-COPE

Wie schon beim PSQ kam es auch beim Brief-COPE innerhalb der Kohorte zu keinerlei signifikanten Veränderungen. In den Domänen „Evasive Coping“ und „Support Coping“ kam es postoperativ zu einer leichten Abnahme der Summenscorewerte, in den Domänen „Focus on Positive“ und „Active Coping“ zu postoperativ höheren Werten.

	N vor	Score vor CI	SD	N nach	Score nach CI	SD	N vor/nach	p
<b>Evasive Coping</b>	34	10,32	3,62	35	9,40	3,65	27	0,0710
<b>Support Coping</b>	34	11,85	4,51	35	11,54	4,61	27	0,7901
<b>Focus on Positive</b>	34	12,24	4,52	35	14,03	4,84	27	0,3551
<b>Active Coping</b>	34	9,26	3,21	35	9,49	3,71	27	0,8195

Tabelle 20: Ergebnisse des Brief-COPE innerhalb der AHL-Kohorte

### **4.3.2.2 Veränderung von Stressbelastung und Copingmechanismen innerhalb der DSD-Kohorte**

#### Perceived Stress Questionnaire (PSQ)

Für 15 Patienten konnte eine kohorteninterne vergleichende Auswertung des PSQ vorgenommen werden. Dabei kam es zu keinerlei signifikanten Veränderungen der Ergebnisse durch die Operation. In der Domäne „Freude“ kam es zu einer Erhöhung des Mittelwertes nach Versorgung mittels CI, wohingegen es in allen anderen Domänen postoperativ zu einer Abnahme der Mittelwerte kam.

	N vor	MW vor CI	SD	N nach	MW nach CI	SD	N vor/nach	p
<b>Sorgen</b>	21	0,25	0,23	20	0,19	0,19	15	0,1687
<b>Anspannung</b>	21	0,34	0,25	20	0,32	0,20	15	0,5557
<b>Freude</b>	21	0,56	0,24	20	0,57	0,27	15	0,8350
<b>Anforderungen</b>	21	0,28	0,20	20	0,25	0,16	15	0,1724
<b>PSQ gesamt</b>	21	0,33	0,18	20	0,30	0,17	15	0,2476

Tabelle 21: Ergebnisse des PSQ innerhalb der DSD-Kohorte

## Brief-COPE

Bei der vergleichenden Auswertung innerhalb der DSD-Gruppe kam es zu keinerlei signifikanten Veränderungen. In den Domänen „Evasive Coping“ und „Focus on Positive“ kam es zu einer postoperativen Abnahme der Summenscores, wohingegen es beim „Support Coping“ und „Active Coping“ zu einer Zunahme kam.

	N vor	Scores vor CI	SD	N nach	Scores nach CI	SD	N vor/nach	p
<b>Evasive Coping</b>	19	11,42	3,04	21	9,90	3,10	15	0,0514
<b>Support Coping</b>	19	13,05	3,39	21	13,29	3,93	15	0,8491
<b>Focus on Positive</b>	19	13,63	2,67	21	13,14	3,35	15	0,8339
<b>Active Coping</b>	19	9,79	2,23	21	9,86	3,23	15	0,6438

Tabelle 22: Ergebnisse des Brief-COPE innerhalb der DSD-Kohorte

### 4.3.2.3 Vergleich von Stressbelastung und Copingmechanismen zwischen AHL- und DSD-Kohorte prä- und ein halbes Jahr postoperativ

#### Perceived Stress Questionnaire (PSQ)

Präoperativ wurden 31 AHL- und 21 DSD-Patienten in eine kohortenvergleichende Auswertung des PSQ eingeschlossen. Signifikante Unterschiede konnten dabei in der Domäne „Sorgen“ (AHL:  $0,15 \pm 0,21$ ; DSD:  $0,25 \pm 0,23$ ;  $p=0,0213$ ) festgestellt werden. Auffallend war dennoch, dass die AHL-Kohorte präoperativ in allen Domänen Mittelwerte erzielte, welche kleiner oder gleich den Vergleichswerten der DSD-Kohorte waren.

	N AHL	MW vor CI	SD	N DSD	MW vor CI	SD	Diff. MW	p
<b>Sorgen</b>	31	0,15	0,21	21	0,25	0,23	0,1	<b>0,0213</b>
<b>Anspannung</b>	31	0,34	0,25	21	0,34	0,25	0,0	0,8950
<b>Freude</b>	31	0,55	0,27	21	0,56	0,24	0,01	0,9626
<b>Anforderungen</b>	31	0,26	0,22	21	0,28	0,20	0,02	0,5796
<b>PSQ gesamt</b>	31	0,30	0,19	21	0,33	0,18	0,18	0,4664

Tabelle 23: Vergleich der PSQ-Ergebnisse zw. AHL & DSD präoperativ

Postoperativ kam es zu keinerlei signifikanten Unterschieden. Die DSD-Kohorte erzielte in der Domäne „Freude“ kleinere Mittelwerte als die AHL-Kohorte, in der Domäne „Sorgen“ waren die Mittelwerte beider Gruppen gleich (AHL:  $0,19 \pm 0,24$ ; DSD:  $0,19 \pm$

0,19; p=0,3705). Innerhalb der restlichen Domänen wurden jeweils von den AHL-Patienten kleinere Ergebnisse erzielt.

	<b>N AHL</b>	<b>MW nach CI</b>	<b>SD</b>	<b>N DSD</b>	<b>MW nach CI</b>	<b>SD</b>	<b>Diff. MW</b>	<b>p</b>
<b>Sorgen</b>	37	0,19	0,25	20	0,19	0,19	0,0	0,4131
<b>Anspannung</b>	37	0,31	0,26	20	0,32	0,20	0,01	0,7168
<b>Freude</b>	36	0,58	0,23	20	0,57	0,27	0,01	0,8932
<b>Anforderungen</b>	37	0,24	0,23	20	0,25	0,16	0,02	0,5609
<b>PSQ gesamt</b>	37	0,29	0,20	20	0,30	0,17	0,01	0,7631

Tabelle 24: Vergleich der PSQ-Ergebnisse zw. AHL & DSD postoperativ

### Brief-COPE

Präoperativ erzielte die AHL-Kohorte in allen Domänen kleinere Scores als die DSD-Vergleichskohorte. Signifikante Unterschiede konnten hierbei nicht nachgewiesen werden.

	<b>N AHL</b>	<b>Scores vor CI</b>	<b>SD</b>	<b>N DSD</b>	<b>Scores vor CI</b>	<b>SD</b>	<b>Diff. Scores</b>	<b>p</b>
<b>Evasive Coping</b>	34	10,32	3,62	19	11,42	3,04	1,1	0,3143
<b>Support Coping</b>	34	11,85	4,51	19	13,05	3,39	1,2	0,3862
<b>Focus on Positive</b>	34	12,24	4,52	19	13,63	2,67	1,39	0,1490
<b>Active Coping</b>	34	9,26	3,21	19	9,79	2,23	0,53	0,4957

Tabelle 25: Vergleich der Brief-COPE-Ergebnisse zwischen AHL & DSD präoperativ

Auch postoperativ erzielte die AHL-Kohorte in fast allen Domänen kleinere Summenscores als die DSD-Kohorte. Wiederum konnten keine signifikanten Abweichungen festgestellt werden. Der größte Unterschied war im Bereich „Support Coping“ zu finden (AHL: 11,54 ± 4,61; DSD: 13,29 ± 3,93), der kleinste im Bereich „Active Coping“ (AHL: 9,49 ± 3,71; DSD: 9,86 ± 3,23).

	<b>N AHL</b>	<b>Scores nach CI</b>	<b>SD</b>	<b>N DSD</b>	<b>Scores nach CI</b>	<b>SD</b>	<b>Diff. MW</b>	<b>p</b>
<b>Evasive Coping</b>	35	9,40	3,65	21	9,90	3,10	0,5	0,4895
<b>Support Coping</b>	35	11,54	4,61	21	13,29	3,93	1,75	0,1882
<b>Focus on Positive</b>	35	14,03	4,84	21	13,14	3,35	- 0,89	0,2240
<b>Active Coping</b>	35	9,49	3,71	21	9,86	3,23	0,37	0,7530

Tabelle 26: Vergleich der Brief-COPE-Ergebnisse zwischen AHL & DSD postoperativ

### 4.3.3 Ergebnisse der Auswertungen zur Tinnitusbelastung

Zur Untersuchung der Tinnitusbelastung wurde in der vorliegenden Studie die deutsche Version des Tinnitusfragebogens (TF) angewandt. Der Fragebogen wurde sowohl in der DSD- als auch in der AHL-Kohorte prä- und postoperativ zur Datenerhebung herangezogen, so dass sowohl innerhalb beider Gruppen als auch vor und nach Implantation zwischen beiden Patientenkohorten vergleichende Auswertungen möglich waren.

#### 4.3.3.1 Veränderung der Tinnitusbelastung innerhalb der AHL-Kohorte

In die Auswertung des TF konnten innerhalb der AHL-Kohorte präoperativ 26 und postoperativ 29 Patienten eingeschlossen werden. Präoperativ gaben sechs Patienten (19%) an, nicht an Tinnitus zu leiden, zehn Patienten (26%) hatten postoperativ keinen Tinnitus.

In allen untersuchten Domänen kam es postoperativ zu einer Abnahme der Summenscores. Signifikante Veränderungen ergaben sich für die Bereiche „Emotionale Belastung“, „Emotionale & kognitive Belastung“, „Penetranz des Tinnitus“, „Hörprobleme“, „Schlafstörungen“ und „TF Total“. Die deutlichste Verbesserung der Tinnitusbelastung konnte in der Domäne „Penetranz des Tinnitus“ ( $p = 0,0027$ ) erzielt werden.

	N vor	Score vor CI	SD	N nach	Score nach CI	SD	N vor/nach	p
<b>Emotionale Belastung (E)</b>	26	7,15	4,86	29	5,14	5,49	19	<b>0,0415</b>
<b>Kognitive Belastung (C)</b>	26	6,15	3,83	29	4,28	4,15	19	0,0751
<b>Emotionale + kognitive B. (E+C)</b>	26	13,31	8,11	29	9,41	9,47	19	<b>0,0266</b>
<b>Penetranz des Tinnitus (I)</b>	26	8,12	4,62	29	4,97	4,90	19	<b>0,0027</b>
<b>Hörprobleme (A)</b>	26	5,38	4,25	29	3,48	4,00	19	<b>0,0040</b>
<b>Schlafstörungen (SI)</b>	26	2,77	2,89	29	1,55	2,26	19	<b>0,0050</b>
<b>Somatische Beschwerden (SO)</b>	26	1,35	1,98	29	1,14	1,57	19	0,1491
<b>TF Total</b>	26	30,92	19,54	29	20,55	20,13	19	<b>0,0058</b>

Tabelle 27: Ergebnisse des TF innerhalb der AHL-Kohorte

#### 4.3.3.2 Veränderung der Tinnitusbelastung innerhalb der DSD-Kohorte

Präoperativ bestand bei sechs Patienten kein Tinnitus (29%). Auch nach Implantation gaben sechs Patienten keinen Tinnitus an (25%).

Signifikante Verbesserungen der Tinnitusbelastung konnten lediglich für die Domäne „Somatische Beschwerden“ gezeigt werden. In den Domänen „Emotionale Belastung“, „Kognitive Belastung“, „Emotionale & kognitive Belastung“, „Penetranz des Tinnitus“ sowie „TF Total“ wurde postoperativ ebenfalls eine geringere Belastung angegeben, die Veränderungen erreichten aber kein Signifikanzniveau. In der Domäne „Schlafstörungen“ kam es nach der Implantation zu etwas schlechteren Ergebnissen.

	N vor	Score vor CI	SD	N nach	Score nach CI	SD	N vor/nach	p
<b>Emotionale Belastung (E)</b>	15	9,20	7,13	18	7,00	9,54	14	0,1007
<b>Kognitive Belastung (C)</b>	15	5,93	4,83	18	4,94	4,73	14	0,3952
<b>Emotionale + kognitive B. (E+C)</b>	15	15,13	11,69	18	11,94	13,13	14	0,2581
<b>Penetranz des Tinnitus (I)</b>	15	7,53	5,21	18	5,61	4,68	14	0,4301
<b>Hörprobleme (A)</b>	15	6,13	5,00	18	5,28	5,20	14	0,3258
<b>Schlafstörungen (SI)</b>	15	2,13	2,70	18	2,22	3,19	14	0,4391
<b>Somatische Beschwerden (SO)</b>	15	1,53	1,46	18	0,89	1,75	14	<b>0,0422</b>
<b>TF Total</b>	15	32,47	23,37	18	25,94	25,62	14	0,2581

Tabelle 28: Ergebnisse des TF innerhalb der DSD-Kohorte

#### 4.3.3.3 Vergleich der Tinnitusbelastung zwischen AHL- und DSD-Kohorte prä- und ein halbes Jahr postoperativ

Präoperativ konnten in keiner der Domänen signifikante Unterschiede zwischen beiden Gruppen erkannt werden. Die AHL-Kohorte erreichte in den Bereichen „Kognitive Belastung“, „Penetranz des Tinnitus“ und „Schlafstörungen“ jeweils höhere Summenscores. In den verbleibenden Domänen erzielte die DSD-Kohorte jeweils höhere Ergebnisse.

	N AHL	Score vor CI	SD	N DSD	Score vor CI	SD	Diff. Score	p
<b>Emotionale Belastung (E)</b>	26	7,15	4,86	15	9,20	7,13	2,05	0,4388
<b>Kognitive Belastung (C)</b>	26	6,15	3,83	15	5,93	4,83	0,22	0,7138
<b>Emotionale + kognitive B. (E+C)</b>	26	13,31	8,11	15	15,13	11,69	1,82	0,7864
<b>Penetranz des Tinnitus (I)</b>	26	8,12	4,62	15	7,53	5,21	0,59	0,5593
<b>Hörprobleme (A)</b>	26	5,38	4,25	15	6,13	5,00	0,75	0,6731
<b>Schlafstörungen (SI)</b>	26	2,77	2,89	15	2,13	2,70	0,64	0,4667
<b>Somatische Beschwerden (SO)</b>	26	1,35	1,98	15	1,53	1,46	0,18	0,4595
<b>TF Total</b>	26	30,92	19,54	15	32,47	23,37	1,55	0,9245

Tabelle 29: Vergleich der TF-Ergebnisse zwischen AHL & DSD präoperativ



Auch postoperativ konnten keine signifikanten Unterschiede vermerkt werden. Lediglich in einer der untersuchten Domänen („Somatische Beschwerden“) erzielte die AHL-Kohorte postoperativ höhere Summenscores als die Vergleichsgruppe (AHL:  $1,14 \pm 1,57$ ; DSD:  $0,89 \pm 1,75$ ).

	N AHL	Score nach CI	SD	N DSD	Score nach CI	SD	Diff. Score	p
<b>Emotionale Belastung (E)</b>	29	5,14	5,49	18	7,00	9,54	1,86	0,5140
<b>Kognitive Belastung (C)</b>	29	4,28	4,15	18	4,94	4,73	0,66	0,6720
<b>Emotionale + kognitive B. (E+C)</b>	29	9,41	9,47	18	11,94	13,13	2,53	0,5585
<b>Penetranz des Tinnitus (I)</b>	29	4,97	4,90	18	5,61	4,68	0,64	0,6179
<b>Hörprobleme (A)</b>	29	3,48	4,00	18	5,28	5,20	1,8	0,1903
<b>Schlafstörungen (SI)</b>	29	1,55	2,26	18	2,22	3,19	0,67	0,7023
<b>Somatische Beschwerden (SO)</b>	29	1,14	1,57	18	0,89	1,75	0,25	0,3636
<b>TF Total</b>	29	20,55	20,13	18	25,94	25,62	5,39	0,4958

Tabelle 30: Vergleich der TF-Ergebnisse zwischen AHL & DSD postoperativ

#### 4.3.4 Ergebnisse der Auswertungen zum Hörvermögen

Für die Untersuchung des Hörvermögens wurde zusätzlich zu den bereits erwähnten Hörtests der auf Fragebögen basierte Test Oldenburger Inventar (OI) herangezogen. Der Fragebogen wurde sowohl in der DSD- als auch in der AHL-Kohorte prä- und postoperativ zur Datenerhebung verwendet, so dass sowohl innerhalb beider Gruppen als auch prä- und postoperativ zwischen beiden Patientenkohorten vergleichende Auswertungen möglich waren.

##### 4.3.4.1 Veränderung des Hörvermögens innerhalb der AHL-Kohorte

Für insgesamt 34 Patienten konnte eine vergleichende Auswertung zwischen prä- und postoperativen Ergebnissen vorgenommen werden. Hierbei kam es in allen untersuchten Domänen zu einer signifikanten Verbesserung der Werte postoperativ (siehe Tabelle 31). Die Veränderungen mit der höchsten statistischen Signifikanz ( $p < 0,0001$ ) konnten in den Domänen „OI Gesamt“ und „OI Störgeräusch“ gezeigt werden.

	N vor	MW vor CI	SD	N nach	MW nach CI	SD	N vor/nach	p
<b>OI Ruhe</b>	41	3,40	0,96	38	3,89	0,73	34	<b>0,0021</b>
<b>OI Störgeräusch</b>	41	2,50	0,92	38	3,13	0,85	34	<b>&lt;0,0001</b>
<b>OI Richtungshören</b>	41	2,44	1,10	38	3,19	0,96	34	<b>0,0006</b>
<b>OI Gesamt</b>	41	2,86	0,85	38	3,43	0,74	34	<b>&lt;0,0001</b>

Tabelle 31: Ergebnisse des OI innerhalb der AHL-Kohorte

#### 4.3.4.2 Veränderung des Hörvermögens innerhalb der DSD-Kohorte

Eine vergleichende Auswertung innerhalb der DSD-Kohorte war für 29 Patienten möglich. Diese ergab in allen untersuchten Domänen einen signifikanten Anstieg der Scores. In den Domänen „OI Ruhe“, „OI Störgeräusch“ und „OI Gesamt“ konnten Veränderungen mit der höchsten Signifikanz gezeigt werden ( $p < 0,0001$ ).

	N vor	MW vor CI	SD	N nach	MW nach CI	SD	N vor/nach	p
<b>OI Ruhe</b>	32	2,27	0,80	30	3,27	0,79	29	<b>&lt;0,0001</b>
<b>OI Störgeräusch</b>	32	1,79	0,61	30	2,53	0,85	29	<b>&lt;0,0001</b>
<b>OI Richtungshören</b>	32	2,08	0,79	30	2,62	0,89	29	<b>0,0002</b>
<b>OI Gesamt</b>	32	2,04	0,62	30	2,86	0,72	29	<b>&lt;0,0001</b>

Tabelle 32: Ergebnisse des OI innerhalb der DSD-Kohorte

#### 4.3.4.3 Vergleich des Hörvermögens zwischen AHL- und DSD-Kohorte prä- und ein halbes Jahr postoperativ

Präoperativ erzielte die AHL-Kohorte in allen Bereichen höhere Mittelwerte als die DSD-Vergleichsgruppe. In den Domänen „Ruhe“, „Störgeräusch“ und „OI gesamt“ waren diese Unterschiede signifikant, lediglich im Bereich „Richtungshören“ waren die Unterschiede zwischen beiden Gruppen mit  $p = 0,1884$  nicht signifikant.

	N AHL	MW vor CI	SD	N DSD	MW vor CI	SD	Diff. MW	p
<b>OI Ruhe</b>	41	3,40	0,96	32	2,27	0,80	1,13	<b>&lt;0,0001</b>
<b>OI Störgeräusch</b>	41	2,50	0,92	32	1,79	0,61	0,71	<b>0,0003</b>
<b>OI Richtungshören</b>	41	2,44	1,10	32	2,08	0,79	0,36	0,1884
<b>OI Gesamt</b>	41	2,86	0,85	32	2,04	0,62	0,82	<b>&lt;0,0001</b>

Tabelle 33: Vergleich der OI-Ergebnisse zwischen AHL & DSD präoperativ

Auch postoperativ waren die Mittelwerte aller Domänen in der AHL-Kohorte höher als in der DSD-Vergleichsgruppe. Für alle untersuchten Bereiche wurden diese Unterschiede

als signifikant nachgewiesen, wobei die Unterschiede mit der höchsten Signifikanz in der Domäne „OI Ruhe“ aufgezeigt werden konnten ( $p=0,0012$ ).

	N AHL	MW nach CI	SD	N DSD	MW nach CI	SD	Diff. MW	p
<b>OI Ruhe</b>	38	3,89	0,73	30	3,27	0,79	0,62	<b>0,0012</b>
<b>OI Störgeräusch</b>	38	3,13	0,85	30	2,53	0,85	0,6	<b>0,0173</b>
<b>OI Richtungshören</b>	38	3,19	0,96	30	2,62	0,89	0,57	<b>0,0139</b>
<b>OI Gesamt</b>	38	3,43	0,74	30	2,86	0,72	0,57	<b>0,0046</b>

Tabelle 34: Vergleich der OI-Ergebnisse zwischen AHL & DSD postoperativ

#### 4.3.5 Ergebnisse der Auswertungen zu psychischen Komorbiditäten

Zum Erfassen von psychischen Komorbiditäten (v.a. depressive Symptomatik und Angst) wurden in der vorliegenden Studie zwei auf Fragebögen basierte Tests angewandt: ADS-L (Allgemeine Depressionsskala) und GAD-7 (Generalized Anxiety Disorder). Beide Tests wurden sowohl in der DSD- als auch in der AHL-Kohorte prä- und postoperativ zur Datenerhebung herangezogen, so dass sowohl innerhalb beider Gruppen als auch vor und nach Implantation zwischen beiden Patientenkohorten vergleichende Auswertungen möglich waren.

##### 4.3.5.1 Veränderung psychischer Komorbiditäten innerhalb der AHL-Kohorte

###### ADS-L

In die kohorteninterne vergleichende Auswertung konnten bei vollständig vorliegenden Datensätzen 26 Patienten eingeschlossen werden. Hierbei kam es zu einer postoperativen Abnahme des Mittelwertes, welche jedoch statistisch nicht signifikant war.

	N vor	MW vor CI	SD	N nach	MW nach CI	SD	N vor/nach	p
<b>ADS-L</b>	31	12,32	8,33	38	12,16	9,72	26	0,2185

Tabelle 35: Ergebnisse des ADS-L innerhalb der AHL-Kohorte

###### GAD

Eine prä- und postoperative vergleichende Auswertung konnte für 26 AHL-Patienten erfolgen. Auch beim GAD kam es postoperativ zu einer nicht-signifikanten Abnahme des Mittelwertes.

	N vor	MW vor CI	SD	N nach	MW nach CI	SD	N vor/nach	p
<b>GAD</b>	32	4,38	3,97	38	3,61	4,00	26	0,2452

Tabelle 36: Ergebnisse des GAD innerhalb der AHL-Kohorte

#### 4.3.5.2 Veränderung psychischer Komorbiditäten innerhalb der DSD-Kohorte ADS-L

Eine vergleichende Auswertung war für 17 DSD-Patienten möglich. Hierbei kam es ebenfalls zu einer postoperativen Abnahme des Mittelwertes, welche nicht signifikant war ( $p=0,1790$ ).

	N vor	MW vor CI	SD	N nach	MW nach CI	SD	N vor/nach	p
<b>ADS-L</b>	20	15,65	10,21	25	14,20	12,03	17	0,1790

Tabelle 37: Ergebnisse des ADS-L innerhalb der DSD-Kohorte

#### GAD

Eine vergleichende Auswertung wurde für 15 Probanden angefertigt. Hier zeigte sich eine Zunahme des Mittelwertes. Auch diese Änderung war nicht signifikant.

	N vor	MW vor CI	SD	N nach	MW nach CI	SD	N vor/nach	p
<b>GAD</b>	20	3,70	2,96	20	4,85	4,40	15	0,7529

Tabelle 38: Ergebnisse des GAD innerhalb der DSD-Kohorte

#### 4.3.5.3 Vergleich psychischer Komorbiditäten zwischen AHL- und DSD-Kohorte prä- und ein halbes Jahr postoperativ

##### ADS-L

Präoperativ erzielte die AHL-Kohorte einen niedrigeren Mittelwert als die DSD-Vergleichsgruppe, was sich als nicht signifikant darstellte.

	N AHL	MW vor CI	SD	N DSD	MW vor CI	SD	Diff. Score	p
<b>ADS-L</b>	31	12,32	8,33	20	15,65	10,21	3,33	0,2836

Tabelle 39: Vergleich der ADS-L-Ergebnisse zwischen AHL & DSD präoperativ

Auch postoperativ erreichte die DSD-Kohorte durchschnittlich höhere Ergebnisse in der ADS-L. Auch hier waren die Unterschiede als nicht signifikant anzusehen.

	<b>N AHL</b>	<b>MW nach CI</b>	<b>SD</b>	<b>N DSD</b>	<b>MW nach CI</b>	<b>SD</b>	<b>Diff. Score</b>	<b>p</b>
<b>ADS-L</b>	38	12,16	9,72	25	14,20	12,03	2,04	0,5687

Tabelle 40: Vergleich der ADS-L-Ergebnisse zwischen AHL & DSD postoperativ

### GAD

Präoperativ waren die Werte des GAD innerhalb der AHL-Kohorte etwas höher. Der Unterschied war nicht signifikant.

	<b>N AHL</b>	<b>MW vor CI</b>	<b>SD</b>	<b>N DSD</b>	<b>MW vor CI</b>	<b>SD</b>	<b>Diff. Score</b>	<b>p</b>
<b>GAD</b>	32	4,38	3,97	20	3,70	2,96	0,68	0,7834

Tabelle 41: Vergleich der GAD-Ergebnisse zwischen AHL & DSD präoperativ

Postoperativ erzielte hingegen die DSD-Kohorte den höheren Ergebnismittelwert (höhere Anspannung), wobei auch hier das Ergebnis nicht signifikant war.

	<b>N AHL</b>	<b>MW nach CI</b>	<b>SD</b>	<b>N DSD</b>	<b>MW nach CI</b>	<b>SD</b>	<b>Diff. Score</b>	<b>p</b>
<b>GAD</b>	38	3,61	4,00	20	4,85	4,40	0,76	0,2008

Tabelle 42: Vergleich der GAD-Ergebnisse zwischen AHL & DSD postoperativ

## 5 Diskussion

Seit vielen Jahren schon stellen Cochlea-Implantate die Therapie der ersten Wahl bei Patienten mit schwerwiegender Schallempfindungsschwerhörigkeit oder Taubheit dar, wobei das CI die Funktion des erkrankten Innenohres übernimmt.<sup>(14)</sup>

Historisch gewachsen beschäftigte sich die Mehrheit der Forschungsarbeiten im Bereich der CI-Versorgung bisher mit der Gruppe der sogenannten DSD-Patienten oder nahm in Bezug auf das Hörvermögen des Gegenohres keine Einteilung vor.<sup>(59-62)</sup>

Für Patienten mit einseitiger Taubheit waren dagegen über viele Jahre konventionelle CROS-, BiCROS-Hörgeräte oder BAHs die Mittel der Wahl. Da binaurales Hören mit den beschriebenen Methoden nicht möglich ist, wurde bereits im Jahr 2011 im Research Update der Cochlear AG manifestiert, dass es notwendig sei, für AHL- und SSD-Patienten eine Hörrehabilitation mit Hörimplantat zu gewährleisten.<sup>(22)</sup>

Lediglich einige wenige Studien betrachteten seitdem gesondert die Subgruppen der AHL- und SSD-Patienten, so dass die Datenlage hier weiterhin unzureichend erscheint. Als Referenzarbeiten sind vor allem die Studien von van Zon et al. und Arndt et al. aus den Jahren 2015 und 2016 zu nennen, die auch erstmals deutliche Empfehlungen zur CI-Versorgung der genannten Patientengruppen postulierten.<sup>(21,24)</sup>

Die Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Hals-Chirurgie e. V. aus dem Jahr 2012 formuliert die Indikation weiterhin wie folgt: „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. (...) Eine weitere Indikation besteht bei einseitiger Hörstörung mit CI-Indikation mit und ohne Tinnitus und erheblicher Einschränkung der Lebensqualität“ (van de Heyning et al 2008; Arndt et al. 2011).<sup>(9)</sup>

Anhand der Empfehlungen und der Ergebnisse aktueller Studien der letzten Jahre kann abgeleitet werden, dass ein CI auf der ertaubten Seite und ein Hörgerät auf der Gegenseite bei Patienten mit Asymmetric Hearing Loss und CI-Indikation als das Mittel der ersten Wahl angesehen werden sollte und anderen Versorgungsformen überlegen ist.<sup>(21,23-25,33)</sup>

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, Patienten mit Asymmetric Hearing Loss vor und nach CI-Versorgung zu untersuchen und die Ergebnisse mit denen einer durch Matching in Bezug auf Ertaubungsdauer und Alter ähnlichen Patientengruppe von DSD-Patienten zu vergleichen. Da in vielen Vorgängerstudien lediglich auf

sprachaudiometrische Ergebnisse eingegangen wurde, sollte der Fokus in dieser Studie zusätzlich auf der Untersuchung der Auswirkungen auf Lebensqualität, Stressbelastung, Tinnitus und psychische Komorbiditäten liegen, um somit ein komplexes, möglichst vollständiges Gesamtbild der Folgen und Auswirkungen einer CI-Operation bei AHL-Patienten zu erstellen.

## **5.1 Ergebnisse sprachaudiometrischer Untersuchungen**

### **5.1.1 Veränderung des Freiburger Einsilbertests**

Präoperativ erreichte die AHL-Kohorte auf dem zu implantierenden Ohr im Freiburger Einsilbertest ein durchschnittliches Testergebnis von 14,64% bei 65 dB SPL. Auf dem Gegenohr wurden präoperativ im Mittel 74,67% bei 65 dB SPL erreicht.

Ein halbes Jahr postoperativ wurden für das implantierte Ohr Testungen durchgeführt, hierbei wurde das Gegenohr vertäubt. Die Probanden erzielten einen durchschnittlichen Wert von 37,94% bei 65 dB SPL, was im Vergleich zur präoperativen Situation einer signifikanten Verbesserung entsprach.

Innerhalb der DSD-Kohorte wurden auf dem zu implantierenden Ohr präoperativ 8,85% bei 65 dB SPL der dargebotenen Worte erkannt. Auf dem Gegenohr waren es 22,01%. Das mittlere Sprachverstehen im FE stieg 6 Monate nach Versorgung mittels CI auf 39,5%, so dass auch hier eine signifikante Steigerung beim Sprachverstehen zu verzeichnen war.

Im Vergleich beider Gruppen konnte weder prä-, noch postoperativ ein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Das Sprachverstehen gemessen mit dem Freiburger Einsilbertest verbesserte sich sowohl in der DSD-Kohorte, als auch in der AHL-Gruppe.

Ähnliche Ergebnisse konnten auch Arndt et al. in Ihren Studien 2011 und 2016 nachweisen.<sup>(21,27)</sup> Präoperative Angaben zu den Ergebnissen des FE liegen leider nur für die ebenfalls in die Studie eingeschlossenen SSD-Patienten vor, worauf auch in der 2016 veröffentlichten Studie verwiesen wird. Postoperativ erreichte die Kohorte der AHL-Patienten ein durchschnittliches Sprachverstehen von 41% ± 26% bei 65 dB SPL. Das postoperative Sprachverstehen war somit geringfügig besser als in der vorliegenden Studie, die Testungen wurden von Arndt et al. aber nicht sechs, sondern

zwölf Monate postoperativ durchgeführt, was durch die nach sechs Monaten noch nicht vollständig durchgeführte Hörrehabilitation erklärt werden konnte.

Zum Zeitpunkt der Anfertigung dieser Arbeit lagen keine weiteren Studien aus dem deutschsprachigen Raum vor, welche AHL-Patienten mittels Freiburger Einsilbertest untersucht haben und somit zum Vergleich herangezogen werden konnten. Erwähnt werden sollte jedoch die US-amerikanische Arbeit von Firszt et al. aus dem Jahr 2018, welche 47 AHL-Patienten vor und nach CI-Implantation untersuchte und – trotz des landessprachlich bedingten Einsatzes unterschiedlicher Testverfahren – ähnliche Ergebnisse lieferte. Auch hier wurde das Einsilberversprechen prä- und postoperativ getestet (mittels „Consonant–Vowel Nucleus–Consonant (CNC) Monosyllabic Word Test“ (Peterson & Lehiste 1962)). Präoperativ konnte auf dem zu implantierenden Ohr ein Sprachverstehen von 4% bei 60 dB SPL und auf dem Gegenohr ein Sprachverstehen von 71% bei 60 dB SPL erreicht werden. Ein halbes Jahr nach der Operation wurde ein Testergebnis von 49% und somit eine signifikante Hörverbesserung gemessen.<sup>(33)</sup>

Eine signifikante Verbesserung im Sprachverstehen konnte in der vorliegenden Arbeit in beiden untersuchten Kohorten bereits ein halbes Jahr nach Implantation nachgewiesen werden, ohne jedoch relevante Unterschiede zwischen den Kohorten aufzeigen zu können. Kritisch zu betrachten ist die geringe Anzahl eingeschlossener Patienten (lediglich für 11 AHL- und 24 DSD- Patienten lagen sowohl prä- als auch postoperative Datensätze vor) und der relativ kurze postoperative Zeitraum von nur sechs Monaten.

### **5.1.2 Veränderung des OLSA**

In der vorliegenden Studie wurde der OLSA lediglich postoperativ angewandt, so dass eine Untersuchung bezüglich Veränderungen im Sprachverstehen durch die CI-Versorgung nicht möglich war. Die Testungen erfolgten ein halbes Jahr postoperativ in der Lautsprecheranordnung S0N0 (sowohl Sprach-, als auch Störsignal wurden von vorn (0°) angeboten). Testungen in anderen Anordnungen, um z.B. den Einfluss des Kopf-Schatten-Effekts zu untersuchen, wurden für diese Studie nicht durchgeführt, da dieser vor allem für SSD-Patienten relevant ist.



Ein halbes Jahr postoperativ lag die durchschnittliche Sprachverständlichkeitsschwelle der AHL-Patienten (50% der angebotenen Worte wurden verstanden) bei einem konstanten Störschall von 65 dB bei  $3,21 \pm 4,48$  dB S/N. Die SVS der DSD-Patienten hingegen lag bei  $11,68 \pm 21,14$  dB S/N, wodurch postoperativ ein signifikant besseres Sprachverstehen der AHL-Patienten nachgewiesen werden konnte.

Das Ergebnis scheint plausibel, da die DSD-Kohorte per definitionem auf dem nicht-implantierten Ohr größere Hörschwierigkeiten aufweist und somit ein Hörverstehen in der beschriebenen Testanordnung schwieriger ist. Für Normalhörende wird die SVS mit  $-7,1$  dB S/N beschrieben und liegt damit – wie zu erwarten - deutlich unter den Werten der hier untersuchten Probanden.

Es fällt schwer, die Ergebnisse der AHL-Kohorte in Bezug auf vergleichbare Studien einzuordnen, da auch nach gründlicher Recherche keine AHL-spezifischen Studien zu finden sind, welche Zahlenwerte für den OLSA sechs Monate postoperativ präsentieren.

Am besten vergleichbar ist die Arbeit von Arndt et al., in der zumindest an Hand der Graphiken ersichtlich ist, dass eingeschlossene AHL-Patienten postoperativ ein leicht besseres Hörverstehen zeigten als die Patienten dieser Arbeit (2016: ca.  $-4$  dB S/N).<sup>(21)</sup> Die Veränderungen bezüglich der präoperativen Werte wurden hierbei aber lediglich als Positivtrend und nicht signifikant beschrieben. Ähnliche Werte wurden auch in den Arbeiten von Jakob (2011) und Arndt (2011) postuliert, wobei beide Autoren hier SSD- und nicht AHL-Patienten untersuchten.<sup>(27,63)</sup>

Gründe für das beschriebene bessere Sprachverstehen der Patienten in den Referenzarbeiten könnten zum einen ein besser hörendes Gegenohr sein (SSD-Patienten), zum anderen aber auch die geringere Ertaubungsdauer präoperativ. Diese lag in der vorliegenden Arbeit innerhalb der AHL-Kohorte bei 17,2 Jahren und ist in den Vergleichsarbeiten von Arndt et al. beispielsweise mit durchschnittlich 25 bzw. 40 Monaten angegeben.<sup>(21,27)</sup>

Um ein umfassenderes Bild der postoperativen Entwicklung des Sprachverstehens zu erhalten, wären sowohl präoperative OLSA-Ergebnisse als auch weitere Testungen zu späteren Zeitpunkten, wie beispielsweise ein und zwei Jahre nach der CI-Versorgung, notwendig.

## 5.2 Ergebnisse der Fragebögen

### 5.2.1 Veränderung des subjektiv erfassten Hörvermögens

Über die in Kapitel 5.1 beschriebenen Ergebnisse der sprachaudiometrischen Testungen konnte das prä- und postoperative Sprachverstehen ermittelt und abgebildet werden. Dies lässt jedoch lediglich eingeschränkt Rückschluss auf das subjektive Hörvermögen nach einer CI-Operation zu, weshalb zusätzlich der Fragebogen Oldenburger Inventar (OI) eingesetzt wurde. Hiermit lässt sich abbilden, wie zufrieden Patienten mit einer Hörhilfe sind.

In der AHL-Kohorte stieg das postoperative Sprachverstehen innerhalb aller untersuchten Domänen signifikant an. Die Werte in den Domänen „Richtungshören“ und „Hören im Störgeräusch“ sowie der Gesamtscore verbesserten sich sogar hoch signifikant. Lediglich in der Domäne „Hören in Ruhe“ wurde ein geringerer Anstieg ermittelt. Ähnliches beschrieben bereits Dudka et al. in Ihrer Arbeit von 2018. Sie begründen diese (bezogen auf SSD-Patienten) unterschiedlich starke Verbesserung innerhalb der einzelnen Domänen durch kleinere Einbußen beim Hören in Ruhe aufgrund des Squelch-Effekts.<sup>(64)</sup> Eine ähnliche Schlussfolgerung lässt sich auch für die in dieser Arbeit untersuchten AHL-Patienten treffen und erklärt zudem, warum – bei einem leicht- bis mittelgradig eingeschränkten Gegenohr – die Verbesserung im Bereich „Hören in Ruhe“ postoperativ signifikant, wenn auch nicht hoch signifikant ausfällt.

Des Weiteren lässt es Rückschlüsse auf die Ergebnisse der DSD-Vergleichskohorte zu: Innerhalb dieser Kohorte kam es in allen untersuchten Domänen zu einer postoperativ hoch signifikanten Verbesserung des subjektiven Hörens. Dass sich selbst das Hören in Ruhe hoch signifikant verbesserte, lässt sich am ehesten mit der stark eingeschränkten Hörsituation auf dem Gegenohr erklären, welche präoperativ auch in ruhigen Situationen das Hören erschwerte.

Beim Vergleich der präoperativen Werte zwischen beiden untersuchten Kohorten gaben die AHL-Patienten in den Bereichen „Hören in Ruhe“ und „Hören im Störgeräusch“ sowie im Gesamtscore hoch signifikant bessere Werte an. Richtungshören wurde zwar innerhalb der AHL-Kohorte besser bewertet, der Unterschied war aber im Vergleich zur DSD-Vergleichsgruppe nicht signifikant. Postoperativ änderte sich dies: Nach CI-Operation wurde nun auch das Richtungshören von der AHL-Kohorte signifikant besser

bewertet als von der DSD-Gruppe. Die DSD-Kohorte gab außerdem ein signifikant schlechteres Hören in Ruhe, im Störgeräusch und einen schlechteren Gesamtscore an. Die insgesamt besseren Ergebnisse auf Seiten der AHL-Patienten lassen sich einfach erklären: Während auf Seite der DSD-Kohorte beide Ohren schwergradige Höreinschränkungen bzw. Taubheit aufweisen, ist bei AHL-Patienten das Gegenohr leicht- bis mittelgradig höreingeschränkt, so dass ein Hören bzw. Sprachverstehen in allen Situationen deutlich besser möglich ist. Lediglich Richtungshören ist – aufgrund des Verlusts des binauralen Hörens – präoperativ ebenso schwierig wie auf der DSD-Seite, wodurch hier keine signifikanten Unterschiede festzustellen waren. Nach Implantation änderte sich diese Situation eindrucksvoll (wodurch ein Signifikanzniveau erreicht wurde), da nun binaurales Hören inklusive der das Sprachverstehen beeinflussenden Effekte (Summationseffekt, Kopf-Schatten-Effekt, Squelch-Effekt) auf AHL-Seite möglich wurde.

Die Studien von Firszt et al. (2018) und Arndt et al. (2016) verwendeten anstelle des OI die Speech, Spatial, and Qualities of Hearing Scale (SSQ; Gatehouse & Noble 2004), welche ebenfalls ein Tool zur subjektiven Selbsteinschätzung des Hörvermögens darstellt. Auch bei Firszt et al. konnte eine signifikante postoperative Verbesserung aller untersuchten Domänen (Sprachverstehen, Räumliches Hören, Qualität des Hörens) festgestellt werden.<sup>(33)</sup> Arndt et al. beschrieben ein signifikant besseres Sprachverstehen sowie räumliches Hören nach Versorgung mittels CI. In Bezug auf die Hörqualität konnten keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden.<sup>(21)</sup>

Somit ähneln die Daten dieser Studie denen vergleichbarer vorangegangener Untersuchungen von AHL-Patienten. Eine eindeutige Erklärung für die Ergebnisse wurde hingegen in keiner der vorangegangenen Arbeiten formuliert. Am ehesten liegt die deutliche Verbesserung im Hören und Sprachverstehen – wie oben beschrieben – an der nach der Implantation bestehenden binauralen Hörsituation und den damit vergesellschafteten Effekten, was bereits in vergleichbaren Arbeiten postuliert wurde.<sup>(64)</sup>

## **5.2.2 Veränderung der Lebensqualität**

### Nijmegen Cochlear Implant Questionnaire (NCIQ)

Alle NCIQ-Werte der AHL-Kohorte verbesserten sich von prä- zu postoperativ, allerdings lagen keine statistisch signifikanten Unterschiede vor.

Diese Ergebnisse unterscheiden sich von vorangegangenen Studien, welche spezifisch AHL- bzw. SSD-Patienten untersuchten. So zeigten AHL-Patienten bei Rösli et al. 2015 im NCIQ signifikante Verbesserungen in allen Domänen und damit einen signifikanten Anstieg der Lebensqualität. Auch hier wurde die Befragung sechs Monate postoperativ durchgeführt.<sup>(65)</sup> Auch Dudka et al. konnten in Ihrer Arbeit 2018 Verbesserungen in allen Domänen nachweisen, welche aber nur in den Bereichen „Kontrolle der eigenen Stimme“ und „Soziale Interaktion“ sowie im „NCIQ Total“ signifikant waren. Hierbei muss erwähnt werden, dass in diese Studie ausschließlich SSD-Patienten eingeschlossen wurden.<sup>(64)</sup> Arndt et al. verwendeten in Ihrer Arbeit zur Untersuchung der Lebensqualität keinen gesonderten Fragebogen, sondern griffen auf die schon oben beschriebene SSQ zurück. Diese wurde sowohl bezüglich des subjektiven Hörvermögens, als auch bezüglich einer möglichen Verbesserung der Lebensqualität ausgewertet. Schlussfolgernd wurde hierbei festgestellt, dass „Sprache“ und „räumliches Hören“ postoperativ signifikant besser bewertet wurden und somit postuliert, dass ein Zuwachs an Lebensqualität zu verzeichnen sei.<sup>(21)</sup> Ähnliche Ergebnisse und Schlussfolgerungen lieferten Firszt et al., welche ebenfalls die SSQ verwendeten.<sup>(33)</sup>

Ein direkter Vergleich zwischen letztgenannten Arbeiten und der vorliegenden Studie ist aufgrund der unterschiedlichen Testverfahren nicht möglich. Dennoch weisen die Ergebnisse Ähnlichkeiten auf. Der Anstieg aller NCIQ-Werte postoperativ kann – wenn auch nicht signifikant – am ehesten als verbesserte Lebensqualität aufgrund der ebenfalls verbesserten Hörsituation durch das CI gewertet werden. Ein Zusammenhang wurde mittlerweile mehrfach beschrieben und bestätigt.<sup>(21,33,65-67)</sup> Eine mögliche Erklärung für den nicht-signifikanten Anstieg könnte der zu kurze Untersuchungszeitraum nach CI-Versorgung bieten. Um diese Annahme zu bestätigen, sollten weitere Testungen in größeren postoperativen Abständen folgen.

Die Werte innerhalb der DSD-Kohorte waren von prä- zu postoperativ in fast allen Domänen signifikant angestiegen. In den Subgruppen „Elementare Stimmwahrnehmung“, „Wahrnehmung von Musik und Sprache“, „Soziale Interaktion“, „Aktivität“ und „NCIQ Total“ waren die Unterschiede sogar hoch signifikant. Einzig innerhalb der Domäne „Kontrolle der eigenen Stimmqualität“ wurde bei  $p=0,0644$  kein Signifikanzniveau erreicht, ein deutlicher Trend konnte dennoch gezeigt werden.

Eine mögliche Erklärung für diese unterschiedliche Entwicklung innerhalb der beiden Gruppen geben die gruppenvergleichenden Auswertungen. Hier ist zu erkennen, dass die AHL-Kohorte präoperativ in allen Domänen bereits deutlich höhere Werte erzielte, die Domänen „Elementare Stimmwahrnehmung“, „Wahrnehmung von Musik und Sprache“, „Kontrolle eigener Stimmqualität“ sowie „Aktivität“ und „NCIQ Total“ sogar signifikant besser bewertet wurden. Die Lebensqualität der AHL-Kohorte konnte also präoperativ aufgrund der besseren Hörsituation als deutlich besser eingestuft werden. Demzufolge war der Zugewinn an Lebensqualität innerhalb der DSD-Kohorte durch das CI um einiges größer, was sich anhand oben beschriebener signifikanter Veränderungen postoperativ zeigte. Zwar erzielten die AHL-Patienten postoperativ weiterhin höhere Ergebnisse innerhalb aller untersuchter Domänen, jedoch waren die Unterschiede verglichen mit der DSD-Vergleichsgruppe nur noch in den Bereichen „Elementare Stimmwahrnehmung“, „Wahrnehmung von Musik und Sprache“ und „NCIQ Total“ signifikant.

Anhand der NCIQ-Ergebnisse lässt sich ein postoperativer Zugewinn an Lebensqualität sowohl für AHL- als auch für DSD-Patienten feststellen. Der Benefit für die DSD-Gruppe war hierbei sehr viel deutlicher, was am ehesten an der schlechteren präoperativen Hörsituation liegt.

#### Medical Outcome Study Short Form 36 Health Survey (SF-36)

Chung et al. beschrieben in Ihrer Studie an CI-Patienten von 2012 postoperativ einen signifikanten Anstieg der gesundheitsbezogenen Lebensqualität. Die Erfassung erfolgte - wie in dieser Studie - mittels SF-36 und die deutlichsten Unterschiede zeigten sich in den Domänen „Vitalität“, „Psychisches Wohlbefinden“, „Emotionale Rollenfunktion“, „Soziale Funktionsfähigkeit“ und „Körperliche Funktionsfähigkeit“.<sup>(68)</sup>

Ähnliche Ergebnisse konnten in der vorliegenden Arbeit nicht reproduziert werden. Ein Anstieg postoperativer Werte innerhalb der AHL-Kohorte (und somit ein Zugewinn an Lebensqualität) zeigte sich lediglich für die Bereiche „Vitalität“, „Emotionale Rollenfunktion“, „Psychisches Wohlbefinden“, „Gesundheitsveränderung“, „Soziale Funktionsfähigkeit“ und die „Psychische Summenskala“, wobei die letzten beiden Bereiche sich signifikant verbesserten. In allen verbleibenden Bereichen kam es zur Abnahme der Werte innerhalb der Einzeldomänen. Signifikante Abnahmen konnten für die Bereiche „Körperliche Schmerzen“ und die „Körperliche Summenskala“ verzeichnet

werden. Damit ähneln die Ergebnisse sehr stark denen von Hirschfelder et al. und Dudka et al.<sup>(64,66)</sup> Schon Hirschfelder et al. beschrieben in Ihrer Arbeit diese „mehrdeutigen“ Ergebnisse und begründeten die Abnahme der Werte in den Bereichen „Körperliche Funktionsfähigkeit und „Körperliche Summenskala“ mit den natürlichen Effekten des Alterns. Des Weiteren postulierten sie, dass ein Hörverlust bzw. ein besseres Hören nach CI-Operation wohl am ehesten in den Bereichen „Emotionale Rollenfunktion“, „Soziale Funktionsfähigkeit“ und „Vitalität“ repräsentiert wird.<sup>(66)</sup> Sowohl in Ihrer Studie, als auch in der vorliegenden kam es in besagten Domänen zu einer postoperativen Verbesserung der Werte - wenn auch nicht gänzlich signifikant – und somit am ehesten zu einer Lebensqualitätsverbesserung durch die verbesserte Hörsituation. Die signifikante Verschlechterung in Bezug auf körperliche Schmerzen, wie sie in der vorliegenden Studie auftrat, ist in keiner der Vorgängerstudien beschrieben. Erklären lässt sie sich ggf. durch den Untersuchungszeitpunkt sechs Monate nach Operation: Die Patienten sollten beim Beantworten der Fragebögen jeweils das letzte halbe Jahr in Betracht ziehen, in welches in diesem Fall die Zeit direkt nach der Operation fällt. Postoperative Schmerzen sowie Komplikationen könnten also einen Einflussfaktor darstellen.

Innerhalb der DSD-Kohorte kam es im Vergleich der Ergebnisse vor und nach CI zu keinerlei signifikanten Veränderungen. Wie auch innerhalb der AHL-Kohorte nahmen die Scores der Domänen, welche sich eher auf das physische Empfinden beziehen („Körperliche Schmerzen“, „Körperliche Rollenfunktion“, „Körperliche Funktionsfähigkeit“, „Körperliche Summenskala“), postoperativ ab. Zusätzlich war – im Unterschied zur AHL-Gruppe postoperativ ebenfalls ein kleinerer Wert für „Emotionale Rollenfunktion“ und „Gesundheitsveränderung“ zu verzeichnen. In allen verbleibenden Bereichen wurden nach Implantation höhere Werte erzielt, darunter war die Domäne „Allgemeine Gesundheitswahrnehmung“ die einzige, in welcher sich dieser Trend gegenüber der AHL-Kohorte unterschied.

Im Vergleich beider Kohorten konnten die AHL-Patienten in fast allen Domänen präoperativ bessere Ergebnisse erzielen, im Bereich „Psychisches Wohlbefinden“ waren diese signifikant. Dies lässt sich am ehesten – wie auch schon beim NCIQ – mit der präoperativ bereits höheren Lebensqualität aufgrund des vorhandenen besser hörenden Ohres erklären. Interessanterweise gab es dennoch zwei Bereiche, in

welchen die präoperativen Ergebnisse der DSD-Kohorte über denen der AHL-Kohorte lagen: „Vitalität“ und „Gesundheitsveränderung“. Im Bereich „Gesundheitsveränderung“ fiel dieser Unterschied signifikant aus ( $p=0,0422$ ). Da beide Domänen in engem Zusammenhang stehen, könnten mögliche Ursachen für diesen Unterschied in präoperativ innerhalb der AHL-Kohorte vorhandenen Komorbiditäten liegen – sichere Aussagen diesbezüglich lassen sich mit der vorhandenen Datenlage nicht treffen. Nach CI konnten keine signifikanten Unterschiede mehr zwischen beiden Kohorten festgestellt werden. AHL-Patienten erzielten in allen untersuchten Domänen und beiden Summenskalen höhere Werte als die DSD-Vergleichsgruppe

Allgemein gültige Aussagen bezüglich einer Verbesserung bzw. Verschlechterung der Lebensqualität durch eine Versorgung mittels CI lassen sich anhand der SF-36-Ergebnisse dieser Studie nicht formulieren. Interessant wären Folgeuntersuchungen, welche vor allem die Domänen des körperlichen Empfindens zu einem späteren Zeitpunkt noch einmal beleuchten, um Einflüsse wie postoperative Schmerzen minimieren zu können.

Zusammenfassend kann man sich bezüglich der vorliegenden Ergebnisse wohl am ehesten den Vorstudien anschließen und feststellen, dass der SF-36 nicht das Instrument der ersten Wahl darstellt, um die Lebensqualität bei höreingeschränkten Patienten zu bewerten.<sup>(2,64,66)</sup> Dennoch sind – vor allem in Zusammenschau mit den NCIQ-Ergebnissen – zumindest Trends bezüglich einer Verbesserung der täglichen Lebensqualität durch ein CI erkennbar.

### **5.2.3 Veränderung von Stresserleben und Copingmechanismen**

#### Perceived Stress Questionnaire (PSQ)

Lazarus und Folkman definierten Stress 1984 wie folgt: „Stress ist ein transaktionaler Prozess, welcher auftritt, sobald ein Ereignis als relevant für das Wohlbefinden eines Individuums eingeschätzt wird oder Potential für Schaden oder Verlust hat, und in Folge psychologische, physiologische und/oder Verhaltensanstrengungen benötigt werden, um das Ereignis bzw. die Folgen unter Kontrolle zu bringen.“<sup>(69)</sup>

Seitdem haben sich laut Fliege et al. Definitionen auf die beiden größten Komponenten von Stress fokussiert: Stressoren in Form von Umwelteinflüssen und die Reaktionen des Individuums selbst auf Stress.<sup>(46)</sup> Weitaus schwieriger sei es laut der Autoren, ein geeignetes Messinstrument für Stress zu finden, da man sich entweder auf das Messen

der Stressoren (objektive Einflüsse wie einflussreiche Lebensereignisse, täglich auftretende Schwierigkeiten etc.) limitieren muss oder auf die bereits erwähnten Stressreaktionen der betroffenen Personen konzentriert.<sup>(46)</sup>

Levenstein et al. entwickelten daraufhin ein Instrument, welches den Fokus der Untersuchungen auf die subjektive Wahrnehmung und die emotionalen Reaktionen der betroffenen Personen legt.<sup>(70)</sup> Dieses Messinstrument, der Perceived Stress Questionnaire (PSQ), wurde auch in der vorliegenden Studie verwendet.

Innerhalb der AHL-Kohorte kam es in dieser Arbeit postoperativ zu keinerlei signifikanten Veränderungen. Das Gesamtstresserleben, welches bereits vor der CI-Operation mit 0,3 unter dem von Fliege et al. beschriebenen Durchschnittswert für gesunde Erwachsene von 0,33 lag, nahm postoperativ leicht ab und blieb somit mit 0,29 unter den Werten von Fliege et al.<sup>(46)</sup> Ähnliche Ergebnisse wie in der vorliegenden Arbeit erzielten – wenn auch nicht auf AHL-Patienten bezogen – bereits Dudka et al. und Evers et al. in ihren Studien.<sup>(40,64)</sup> Auch hier kam es postoperativ zu einer geringeren Stressbelastung, also kleineren PSQ-Scores postoperativ. Auch in den Arbeiten von Olze et al. aus den Jahren 2011 und 2012 zeigte sich dieser Trend.<sup>(60-62)</sup>

Ähnlich präsentierten sich die Ergebnisse in der DSD-Vergleichsgruppe. Auch hier kam es zu keinerlei signifikanten Veränderungen, jedoch zu einer geringfügigen Verbesserung im PSQ-Gesamtscore von 0,33 präoperativ auf 0,3 nach CI-Implantation. Somit erzielte die DSD-Kohorte postoperativ sogar leicht bessere Werte als die von Fliege et al. untersuchte gesunde Vergleichspopulation und bestätigt Ergebnisse der bereits genannten Vorgängerstudien.<sup>(46,60-62)</sup>

Vergleicht man AHL- und DSD-Kohorte miteinander, so war das Stressempfinden innerhalb der DSD-Kohorte präoperativ mit einem PSQ-Gesamtscore von 0,33 geringfügig höher als innerhalb der AHL-Gruppe („PSQ Gesamt“ 0,3). Ein signifikant besserer Wert konnte seitens der AHL-Patienten lediglich innerhalb der Domäne „Sorgen“ erzielt werden ( $p=0,0213$ ). Postoperativ war das Gesamtstressempfinden innerhalb der AHL-Kohorte weiterhin geringer, dieser Unterschied war aber weniger deutlich ausgeprägt. Auch in den Einzeldomänen waren die Unterschiede postoperativ weniger deutlich; in der Domäne „Freude“ erzielten die DSD-Patienten postoperativ sogar bessere Werte als die AHL-Kohorte.



Insgesamt konnten im PSQ lediglich geringe Veränderungen verzeichnet werden, da in keiner der Gruppen präoperativ ein im Vergleich zur gesunden Vergleichspopulation erhöhtes Belastungsempfinden vorlag. Während die AHL-Kohorte ein etwas erhöhtes Stresslevel postoperativ äußerte, gaben die DSD-Patienten nach der CI-Versorgung eine geringere Stressbelastung an. Im Vergleich war die individuell empfundene Stressbelastung innerhalb der AHL-Gruppe jedoch zu beiden Messzeitpunkten geringer als in der DSD-Vergleichsgruppe. Keine der beiden Gruppen äußerte postoperativ ein stark ausgeprägtes Stresserleben („PSQ Gesamt“ > 0,6)<sup>(45)</sup>, was sich mit den Ergebnissen vergleichbarer Vorgängerstudien deckt.<sup>(40,60-62,64)</sup>

### Brief-COPE

Schon in der Definition von Stress nach Lazarus und Folkman aus dem Jahr 1984 ist die Rede von „psychologischen, physiologischen und/oder Verhaltensanstrengungen, welche benötigt werden, um Stress unter Kontrolle zu bringen“. <sup>(69)</sup> Die verschiedenen angewandten Strategien zur Stressbewältigung lassen sich in der Folge weiter unterteilen; eine Differenzierung formulierten Carver et al. im Jahr 1989, in dem sie in sinnvolle („Focus on Positive“, „Active Coping“, „Support Coping“) und weniger sinnvolle Copingstrategien („Evasive Coping“) unterteilten.<sup>(48)</sup>

Als Messinstrument zur Untersuchung der patienteneigenen Coping-Mechanismen (Krankheitsbewältigungsstrategien) wurde in der vorliegenden Studie der ebenfalls von Carver et al. im Jahr 1997 entwickelte Brief-COPE angewandt, welcher eine verkürzte Version des 1989 entwickelten COPE-Fragebogens darstellt.

Innerhalb der AHL-Kohorte kam es postoperativ zu keinerlei signifikanten Veränderungen, jedoch zu leichten Anstiegen in den Bereichen „Focus on Positive“ und „Active Coping“. Bewältigungsstrategien aus den Bereichen „Evasive Coping“ und „Support Coping“ wurden dagegen nach CI-Versorgung weniger häufig angewandt. Insgesamt stellte das Fokussieren auf Positives (Humor, Akzeptanz und positives Umdeuten) sowohl vor als auch nach der OP die am häufigsten verwendete Copingstrategie dar.

Ähnliche Trends wurden innerhalb der DSD-Kohorte beobachtet. Auch hier kam es zu keinerlei signifikanten Veränderungen. Im Unterschied zur AHL-Gruppe kam es postoperativ zur vermehrten Inanspruchnahme von religiöser sowie emotionaler Unterstützung („Support Coping). Zusätzlich wurde ein Anstieg des aktiven Copings

verzeichnet. Ein leichter Rückgang zeigte sich in Bezug auf vermeidendes Coping sowie das Fokussieren auf Positives.

Vergleicht man beide Gruppen miteinander, so bestehen weder prä-, noch postoperativ signifikante Unterschiede zwischen den Kohorten. Insgesamt kann ein vermehrtes Anwenden aller Copingstrategien sowie prä-, als auch postoperativ innerhalb der DSD-Kohorte verzeichnet werden, was sich mit der ebenfalls zu allen Messzeitpunkten höheren subjektiv empfundenen Stressbelastung erklären lässt. Positives Denken und Krankheitsbewältigung durch Humor sowie Akzeptanz und positives Umdeuten stellen in beiden Gruppen präoperativ und innerhalb der AHL-Kohorte auch postoperativ den am häufigsten verwendeten Bewältigungsmechanismus dar.

In beiden Kohorten kam es postoperativ zur Abnahme des vermeidenden Copings und zu einer deutlichen Fokussierung auf Support Coping und positives Denken. In Zusammenschau mit den Ergebnissen des PSQ kann dies am ehesten mit einer verminderten Stressbelastung postoperativ begründet werden. Ähnliche Annahmen formulierten bereits Dudka et al. und Olze et al.<sup>(62,64)</sup> Auch Evers et al. sowie Schumpa et al. konnten in Ihren Arbeiten 2015 und 2016 einen postoperativen Rückgang des evasiven Copings sowie einen prä-, als auch postoperativen Fokus auf positive Bewältigungsstrategien feststellen.<sup>(40,71)</sup>

#### **5.2.4 Veränderung der Tinnitusbelastung**

Das Auftreten von Tinnitus wird bei Patienten mit Hypakusis mit einer Prävalenz von etwa 60-70% angegeben, was gegenüber der deutschen Normalbevölkerung überdurchschnittlich häufig ist.<sup>(26)</sup> Bagueley und Atlas beschreiben in ihrem Review von 2007 sogar ein durchschnittliches Auftreten von 67% bis 100% und auch Arndt et al. und Dudka et al. geben mit 86% bzw. 85% bei SSD-Patienten weitaus höhere Werte an.<sup>(27,64,72)</sup> In der hier vorliegenden Studie lag die Tinnitusprävalenz mit 81% (AHL) bzw. 71% (DSD) somit leicht unter den Werten vergleichbarer Arbeiten.

Betrachtet man die TF-Ergebnisse innerhalb der AHL-Kohorte, so kam es postoperativ zu einem signifikanten Abfall des TF-Gesamtscores, was einer deutlichen Reduktion der Tinnitusbelastung nach CI entspricht. Innerhalb der Subdomänen waren nach CI-Implantation ebenfalls signifikant kleinere Werte in den Bereichen „Emotionale

Belastung“, „Emotionale & kognitive Belastung“, „Penetranz des Tinnitus“ „Hörprobleme“ und „Schlafstörungen“ zu verzeichnen. In allen anderen Domänen wurden ebenfalls geringere Scores angegeben, aber kein Signifikanzniveau erreicht. Der TF-Gesamtscore befand sich präoperativ im Bereich eines moderaten, kompensierten Tinnitus und postoperativ im Bereich eines leichten, kompensierten Tinnitus.<sup>(52)</sup> Die Anzahl der Patienten, welche angaben, nicht an Tinnitus zu leiden, stieg postoperativ kohortenintern von sechs auf zehn bei 26 bzw. 29 Patienten insgesamt. Hierdurch verringerte sich die Prävalenz des Tinnitus innerhalb der AHL-Gruppe von 81% auf 74% postoperativ, was mit Vorgängerstudien vergleichbar ist.<sup>(27,28,30,64)</sup>

Innerhalb der DSD-Vergleichsgruppe kam es innerhalb der untersuchten Subdomäne „Schlafstörungen“ zu einem leichten Anstieg der Mittelwerte und somit zu einer vermeintlich erhöhten Tinnitusbelastung postoperativ. Betrachtet man aber die verbleibenden Domänen sowie den TF-Gesamtscore, so waren hier postoperativ jeweils kleinere Werte zu verzeichnen. Eine signifikante Reduktion konnte lediglich im Bereich „Somatische Beschwerden“ nachgewiesen werden.

Insgesamt gab die DSD-Kohorte präop. einen moderaten, kompensierten Tinnitus an. Postoperativ war die Tinnitusbelastung reduziert und konnte somit als leichter, kompensierter Tinnitus klassifiziert werden. Präoperativ hatten 15 der 21 Patienten (71%), für welche Datensätze vorlagen, angegeben, an einem Tinnitus zu leiden, postoperativ waren es 18 von 24 (75%). Diese geringe Prävalenzzunahme lässt sich zum einen durch die bereits vor Implantation - im Vergleich zu anderen Patienten mit Hypakusis - relativ niedrigen Ausgangswerte erklären, zum anderen mit dem auch postoperativ weiterhin stark höreingeschränkten Gegenohr, bei welchem die Auftretenswahrscheinlichkeit für Tinnitus zwar nach CI-Versorgung der Gegenseite leicht reduziert, aber insgesamt weiterhin deutlich erhöht ist.<sup>(26,73)</sup>

Im Vergleich beider Gruppen kam es weder prä-, noch postoperativ zu signifikanten Unterschieden. Die DSD-Kohorte gab sowohl vor, als auch nach CI höhere TF-Gesamtwerte an. Lediglich in Bezug auf kognitive Belastung, Schlafstörungen und Penetranz des Tinnitus (präoperativ) sowie somatische Beschwerden (postoperativ) wurde auf Seite der AHL-Patienten eine stärkere Belastung verzeichnet. Die Tinnitusbelastung innerhalb der DSD-Kohorte war demzufolge zu beiden Messzeitpunkten höher als in der AHL-Vergleichsgruppe.

Betrachtet man alle in dieser Studie untersuchten Patienten, so gaben postoperativ neun der 56 Patienten für welche TF-Daten vorlagen ein nach CI neu aufgetretenes Ohrgeräusch an. Dies liegt mit 16% knapp über der in anderen Arbeiten vorgeschriebenen Rate von 0-12%.<sup>(73-75)</sup>

Schlussfolgernd kann für die hier vorliegende Studie eine signifikante Verbesserung bezüglich des Tinnitus, wie sie bereits von Mertens et al. für eine ähnliche Vergleichsgruppe beschrieben wurde, festgestellt werden.<sup>(29)</sup> Es sind zusätzlich eindeutige Trends feststellbar und auch der Anteil der Patienten, welcher postoperativ einen Tinnitus angaben, verringerte sich innerhalb der AHL-Kohorte entsprechend, so dass von einem positiven Effekt der CI-Versorgung auf die Tinnitusbelastung ausgegangen werden kann. Die Ergebnisse ähneln somit denen von Olze et al. aus dem Jahr 2012.<sup>(62)</sup> Das auch in dieser Studie nachgewiesene gering vorhandene Risiko einer Verstärkung der Tinnitusbelastung bzw. eines neu auftretenden Ohrgeräusches nach CI sollte jedoch bei Indikationsstellung präoperativ beachtet werden.

### **5.2.5 Veränderung psychischer Komorbiditäten**

#### ADS-L

Im Zusammenhang mit Hypakusis werden oftmals die Verschlechterung depressiver Symptome, die eingeschränkte Teilhabe an sozialen Aktivitäten des täglichen Lebens sowie negative Auswirkungen auf soziale Interaktionen genannt. Außerdem werden Höreinschränkungen mit Angsterkrankungen und sozialer Isolation in Verbindung gebracht.<sup>(33)</sup>

Um das Auftreten depressiver Symptome und eine potentielle Veränderung innerhalb der Patientenkohorte aufgrund einer CI-Versorgung bewerten zu können, wurde in der vorliegenden Arbeit die Langform der „Allgemeinen Depressionsskala“ (ADS-L) angewandt. Bei der ADS-L handelt es sich um ein Instrument zur Patientenselbsteinschätzung, welches 1993 von Hautzinger und Bailer entwickelt wurde.<sup>(55)</sup> Mit der ADS-L ist das Bewerten der Auftrittshäufigkeit, der Dauer und des Ausmaßes einer depressiven Symptomatik möglich. Gesunde bzw. unauffällige Patienten erzielen hierbei Summenscores < 17 Punkte; ein kritischer Wert für eine klinisch relevante depressive Symptomatik wird ab 23 Punkten erreicht. Im Bereich von 18 bis 22 Punkten siedeln sich laut Hautzinger et al. Patienten mit milden depressiven Erkrankungen oder Angstpatienten an.<sup>(55)</sup>

In der vorliegenden Studie kam es weder in der AHL-Kohorte, noch in der Gruppe der DSD-Patienten zu signifikanten Veränderungen durch die Operation. Beide Patientengruppen erzielten präoperativ durchschnittliche Summenscores < 16 Punkte. Postoperativ kam es innerhalb beider Gruppen zu einer leichten Abnahme der Gesamtwerte auf < 13 Punkte in der AHL-Kohorte und < 15 Punkte in der DSD-Kohorte. Somit lag gruppenunabhängig zu keinem der beiden Messzeitpunkte eine depressive Symptomatik vor. Die AHL-Kohorte erzielte sowohl prä-, als auch postoperativ etwas kleinere Gesamtscores, Signifikanzen konnten hierbei nicht nachgewiesen werden. Der Anteil der Patienten, welche Scores  $\geq 23$  Punkte angaben, und sich somit im Bereich klinisch relevanter Depressionen befanden, veränderte sich hingegen durch die Operation nicht, sondern blieb bei 16% (AHL) bzw. 20% (DSD).

Da bereits vor CI kein Anhalt für depressive Symptomatik gegeben war, kann kein signifikant positiver Effekt der Operation nachgewiesen werden. Anhand der ADS-L-Ergebnisse lassen sich hier lediglich Trends ablesen. Es konnte gezeigt werden, dass die Versorgung mittels CI weder bei AHL-, noch bei der DSD-Vergleichsgruppe zu einem Neuauftreten depressiver Symptome führte. Ähnliche Schlussfolgerungen wurden bereits in vergleichbaren Studien formuliert.<sup>(60,64,71)</sup>

### GAD-7

Der GAD-7 ist ein 2006 von Spitzer et al. entwickeltes Instrument zur Untersuchung des Vorhandenseins und des Schweregrades generalisierter Angststörungen.<sup>(56)</sup> Der Test wurde in der vorliegenden Arbeit sowohl prä-, als auch postoperativ angewandt, wobei es zu keinerlei signifikanten Unterschieden sowohl gruppenintern, als auch gruppenvergleichend kam.

Innerhalb der AHL-Kohorte kam es postoperativ zu einem nicht signifikanten Abfall des durchschnittlichen GAD-Wertes von 4,38 präoperativ auf 3,61 postoperativ. Beide Werte befinden sich im Bereich „minimale Ausprägung einer Angstsymptomatik“, so dass sich hieraus lediglich ein Trend ableiten lässt. Am ehesten hat die CI-Versorgung also einen positiven Effekt auf potentiell vorhandene Symptome einer generalisierten Angststörung.

Vergleichbare Vorgängerstudien konnten hierbei sehr viel eindeutigere Ergebnisse erzielen: Dudka et al. konnten 2018 eine signifikante Verbesserung bei SSD-Patienten

im GAD-7 nachweisen.<sup>(64)</sup> Auch Olze et al. zeigten 2011 eine signifikante Verbesserung nach CI-Versorgung.<sup>(60)</sup>

In beiden Vorgängerstudien lagen die GAD-7-Summenscores der Patientenkohorten präoperativ weit über denen der in diese Arbeit eingeschlossenen AHL-Patienten, was ein möglicher Grund für die nicht-signifikanten Veränderungen in der vorliegenden Arbeit sein könnte.

Innerhalb der untersuchten DSD-Vergleichsgruppe kam es postoperativ sogar zu einer nicht-signifikanten Zunahme des GAD-7-Scores von 3,7 auf 4,85. Beide Werte sind somit ebenfalls im Bereich der „minimalen Ausprägung einer Angstsymptomatik“ einzuordnen. Im Vergleich gab die DSD-Gruppe präoperativ eine geringere Ausprägung von Angstsymptomen an, wohingegen postoperativ die AHL-Kohorte deutlich niedrigere Werte erzielte. Dennoch waren auch diese Unterschiede nicht signifikant.

Wodurch dieser leichte Trend zu verstärkt auftretender Angstsymptomatik nach CI in der DSD-Kohorte begründet ist, lässt sich nicht abschließend klären. Man kann mutmaßen, dass auch hier der frühe Untersuchungszeitraum eine Rolle spielt. Eventuell haben sich die bis zur OP beidseits tauben Patienten ein halbes Jahr postoperativ bereits eine sehr viel schnellere Hörrehabilitation bzw. bessere Hörergebnisse erhofft und daraufhin Angst entwickelt, dass ein CI doch nicht den erwünschten Effekt erzielt. Hierbei muss vor allem beachtet werden, dass Patienten in den ersten vier bis fünf Wochen bis zur Erstanpassung des CI gar nichts hören, was eventuell bestehende Ängste potentiell verstärken kann.

Eine weitere mögliche Erklärung ist, dass die vor CI tauben Patienten durch die Situation des Hörens überfordert sind und ihnen somit die Geräuschwahrnehmung selbst, bzw. die plötzlich vorhandene dauerhafte Geräusch- und Lärmbelastung Angst und Stress bereitet. Ein möglicher Zusammenhang zwischen Lärm- bzw. Geräuschbelastung und Angst bzw. Depressionen wurde bereits im Jahr 2016 durch Beutel et al. beschrieben.<sup>(76)</sup>

Um diese Annahmen zu bestätigen, müsste man jedoch die GAD-7-Ergebnisse nachfolgender Untersuchungen auswerten bzw. zusätzliche Befragungen unter den Patienten durchführen.

## 5.3 Methodik

### 5.3.1 Demographische Daten und Patientenkohorte

Insgesamt wurden 90 Patienten prospektiv in die vorliegende Studie eingeschlossen, wovon 45 Patienten per definitionem der AHL- und 45 Patienten der DSD-Kohorte zugeordnet werden konnten.

Das durchschnittliche Alter der Patienten zum Zeitpunkt der CI-Versorgung lag innerhalb der Gesamtkohorte bei 62,26 Jahre, die Altersverteilung variierte hierbei von 23,93 bis 79,67 Jahren. Das Durchschnittsalter der AHL-Patienten lag bei 62,3 Jahren. Der in Kapitel 3 beschriebene Matchingprozess wies für die DSD-Patienten ein Durchschnittsalter von 62,2 Jahre aus.

Die Ertaubungsdauer lag zum Zeitpunkt der Operation durchschnittlich bei 17,35 Jahren, wobei diese vor der Operation zwischen minimal 0 und maximal 68 Jahren variierte. Eingeschlossene AHL-Patienten waren zum Zeitpunkt der CI-Operation im Mittel 17,2 Jahre ertaubt. Auch hier wurde wiederum versucht, mittels Matching eine möglichst ähnliche DSD-Vergleichsgruppe zu generieren, wodurch die mittlere Ertaubungsdauer der DSD-Patienten bei 17,5 Jahren lag.

Somit ist die hier untersuchte Patientengruppe am ehesten mit der von Firszt et al. im Jahr 2018 untersuchten AHL-Kohorte vergleichbar, bei welcher eine mittlere Ertaubungsdauer von 25,5 Jahren und ein Durchschnittsalter von 62,8 Jahren zu verzeichnen waren.<sup>(33)</sup> Abweichungen finden sich dagegen im Vergleich zur Studienkohorte von Arndt et al (2016): Hier lag das Durchschnittsalter der AHL-Patienten bei 53,7 Jahren, die durchschnittliche Ertaubungsdauer bei 40 Monaten und damit deutlich unter den hier beschriebenen Durchschnittswerten.<sup>(21)</sup> Auch Frank-Tobin et al. untersuchten Patienten, deren mittlere Ertaubungsdauer bei einem Durchschnittsalter von 61,5 Jahren lediglich bei 8,5 Jahren lag.<sup>(77)</sup>

Circa vier Wochen postoperativ erfolgte die Erstanpassung des Cochlea-Implantats, woran sich sowohl eine intensive Hörrehabilitation als auch eine logopädische Therapie anschlossen. Die innerhalb dieser Studie beschriebenen Testungen sollten laut Vorgabe „ein halbes Jahr nach Erstanpassung“ erfolgen, also ca. 7 Monate nach CI-Implantation. Betrachtet man die tatsächlichen Testzeitpunkte für beide Gruppen getrennt, so wurden die AHL-Patienten durchschnittlich 0,499 Jahre und die DSD-Patienten 0,546 Jahre nach Erstanpassung getestet. Hierbei muss angemerkt werden, dass es sich jeweils um den Zeitpunkt der postoperativen Sprachtestungen handelt.

Teilweise gab es leichte Abweichungen in Bezug auf das Ausfüllen der entsprechenden postoperativen Fragebögen.

Vergleichbare AHL-Studien beschreiben ähnliche Zeitpunkte für die Durchführung Ihrer postoperativen Testungen.<sup>(24,33,77)</sup>

Bereits vor Anfertigung dieser Arbeit war aus der aktuellen Literatur bekannt, dass sowohl Ertaubungsdauer als auch Alter der Patienten zum Zeitpunkt der CI-Versorgung einen signifikanten Einfluss auf vielfältige Parameter haben können.<sup>(60,66,78,79)</sup> Auf Grund dessen wurde darauf geachtet, dass die zu untersuchende Kohorte der AHL-Patienten gegenüber anderen Arbeiten in Bezug auf diese Parameter vergleichbar ist. Darüber hinaus wurde ein Matchingverfahren durchgeführt, um eine Vergleichsgruppe an DSD-Patienten zu generieren, welche der AHL-Kohorte in Bezug auf Alter und Ertaubungsdauer ähnlich ist.<sup>(80)</sup> Matchingkriterien sowie -ablauf des hier angewandten Algorithmus wurden in Kapitel 3 näher erläutert.

### **5.3.2 Sprachaudiometrische Untersuchungen**

Der Zeitpunkt der postoperativen Hörtestungen sechs Monate nach Erstanpassung ist mit vorhergehenden Studien zur CI-Versorgung bei AHL-Patienten vergleichbar.<sup>(24,33,77)</sup>

Kritisch anzumerken sind die Unterschiede in der Patientenanzahl sowohl für prä- und postoperative als auch für kohortenvergleichende Auswertungen.

Für die kohorteninternen vergleichenden Auswertungen zwischen prä- und postoperativen Testungen wurden nur Patienten eingeschlossen, für welche auch zu beiden Messzeitpunkten Daten vorlagen. Dies führte allerdings in einigen Tests im Verhältnis zur Gesamtkohorte zu relativ kleinen Testgruppen.

Die berechneten Werte für prä- und postoperative Ergebnisse der einzelnen Tests beziehen hingegen weiterhin alle Patienten mit ein, für welche Daten vorlagen, wodurch hier die Differenz in der Patientenanzahl weiter als kritisch angesehen werden sollte.

Zudem wurde die vergleichende Auswertung zwischen AHL- und DSD-Gruppe mit unterschiedlich vielen Datensätzen durchgeführt, wodurch in einigen Auswertungen Einzeldatensätze einer Kohorte ggf. mehr ins Gewicht fallen als in der Vergleichsgruppe.



### 5.3.3 Fragebögen

Auch in Bezug auf die Auswertung aller verwendeten Fragebögen ist kritisch anzumerken, dass Unterschiede in der Patientenzahl sowohl für prä- und postoperative als auch für kohortenvergleichende Auswertungen vorlagen.

Die Auswertung der Datensätze folgte dem gleichen Schema, wie es bereits im Kapitel 5.3.2 für die sprachaudiometrischen Testungen beschrieben wurde: Während vergleichende Auswertungen zwischen prä- und postoperativen Ergebnissen kohortenintern nur für die Patienten der Kohorte durchgeführt wurden, für welche beide Datensätze komplett vorlagen, berechnen sich die aufgezeigten Durchschnittswerte vor und nach Implantation – wie im Ergebnisteil ersichtlich – aus allen vorliegenden Patientendatensätzen. Dieser Umstand wirkt sich analog zur Auswertung der sprachaudiometrischen Ergebnisse auch im Bereich der Fragebogenauswertung auf den Vergleich beider Kohorten aus.

Beim überwiegenden Anteil vergleichbarer Studien im Bereich der CI-Forschung handelt es sich um retrospektive Auswertungen.<sup>(14,61,62,64,66,77)</sup>

Obwohl es sich bei der vorliegenden Arbeit um eine prospektive Datenerhebung handelt, erfordern auch alle hier verwendeten Fragebögen eine retrospektive Betrachtung und Beurteilung der erfragten Inhalte. Die Patienten wurden bei der mündlichen Einweisung in das Testmaterial jeweils darauf hingewiesen, dass sie bei der Beantwortung der Fragen den Zeitraum des letzten halben Jahres in Betracht ziehen sollen. Solch retrospektive Analysen gelten allgemein als anfälliger für Fehler, vor allem für den sogenannten Recall Bias.<sup>(81)</sup> Da allgemein bekannt ist, dass ein gleichzeitiges Beantworten von Fragen, welche eine retrospektive Betrachtung erfordern, sich aber auf verschiedene Zeitpunkte bzw. Zeiträume in der Vergangenheit beziehen, ein gegenseitiges Beeinflussen der Antworten zur Folge hat, lagen zwischen prä- und postoperativen Befragungen ca. sechs Monate. Dies ist aus den berechneten postoperativen Zeiträumen, welche in 5.3.1 erwähnt sind, ersichtlich. Es wurde weiterhin darauf geachtet, dass die Beantwortung der präoperativen Fragebögen vor OP bzw. spätestens vor der Erstanpassung des CI stattfand, um den Einfluss eines Response-Shift-Effekts („Veränderungen im Bewertungshintergrund durch eine postoperative „Neukalibrierung“ der subjektiven Werte“)<sup>(65)</sup> zu minimieren.

In der vorliegenden Studie wurden ausschließlich langjährig erprobte, validierte Testinstrumente verwendet, welche allesamt vorab in vergleichbaren CI-Studien

angewandt wurden. Es handelt sich um für das vorliegende Krankheitsbild spezifische sowie krankheitsbildunabhängige, allgemein gültige (generische) Messverfahren.

Zur Beurteilung der Lebensqualität wurden der NCIQ sowie der SF-36 verwendet. Beim NCIQ handelt es sich um ein im Jahr 2000 spezifisch für CI-Patienten entwickeltes Messinstrument zur Lebensqualitätsbeurteilung. Validität, Reliabilität und Sensitivität des Testverfahrens wurden bereits durch die Entwickler im Jahr 2000 nachgewiesen.<sup>(42)</sup> Seitdem hat sich der NCIQ zum Standardtestverfahren zur Beurteilung der HRQoL (Health-Related Quality of Life; gesundheitsbezogene Lebensqualität) bei Patienten mit Hörhilfen bzw. Cochlea-Implantat etabliert, da sich hiermit zusätzlich Rückschlüsse auf eventuelle Hörverbesserungen ziehen lassen.<sup>(67)</sup> Der SF-36 stellt das meistverwendete generische Messinstrument zur Erhebung der HRQoL dar.<sup>(64)</sup> Dennoch muss die Verwendung des SF-36 zur Bewertung der Veränderungen der Lebensqualität durch CI-Implantation kritisch hinterfragt werden: In mehreren vorangegangenen CI-Studien wurde - bezogen auf den SF-36 - ein Mangel an Sensitivität beschrieben.<sup>(66,68,82)</sup> Trotzdem wurde der SF-36 in der vorliegenden Arbeit ergänzend zum NCIQ verwendet. Dies geschah vor allem vor dem Hintergrund, eine möglichst allumfängliche Vergleichbarkeit gegenüber anderen medizinischen Studien zu generieren und sich nicht auf CI-Studien begrenzen zu müssen.

Um mögliche Veränderungen in der HRQoL nach CI besser evaluieren und näher eingrenzen zu können, erfolgte eine Auswertung diverser zusätzlicher Testverfahren zur Untersuchung von Stress, Copingmechanismen und psychischen Komorbiditäten. Hierzu fanden die Messinstrumente PSQ, Brief-COPE, GAD-7 und ADS-L Verwendung. Der PSQ stellt hierbei ein valides und vielfach angewandtes Instrument zur Untersuchung des subjektiven Stressempfindens dar.<sup>(45)</sup> Durch den Brief-COPE stand ein reliabler Test zur Verfügung, welcher eine schnelle Bewertung eventuell verwendeter Copingmechanismen zuließ.<sup>(47)</sup> Mit der ADS-L und dem GAD-7 standen zwei Selbstauskunftsinstrumente zur Beurteilung eventueller depressiver Symptomatik bzw. dem Vorhandensein generalisierter Angststörungen zur Verfügung. Es handelt sich bei allen Testverfahren um etablierte Instrumente, welche ebenfalls in vergleichbaren Studien verwendet wurden, wodurch eine Vergleichbarkeit gegeben ist.<sup>(60-62,64,71)</sup>

Neben den bereits erwähnten psychischen Komorbiditäten zählt Tinnitus zu den häufigsten mit einer Hörstörung vergesellschafteten Erkrankungen.<sup>(72)</sup> Zur Erfassung der subjektiven Belastung durch Tinnitus vor und nach CI-Versorgung wurde in der vorliegenden Arbeit der TF nach Goebel und Hiller verwendet.<sup>(50)</sup> Dieser stellt im deutschsprachigen Raum neben dem Tinnitus Handicap Inventory<sup>(83)</sup> eine der etabliertesten Methoden zur Bewertung der Tinnitusbelastung dar.<sup>(64)</sup>

Um zusätzlich zu den Ergebnissen der in 5.3.2 beschriebenen sprachaudiometrischen Testungen auch das subjektive Hörvermögen mittels Fragebogen vergleichend analysieren zu können, erfolgte der Einsatz des OI. Eine entsprechende Empfehlung hierzu lieferten bereits Holube und Kollmeier 1994.<sup>(54)</sup> Der OI-Fragebogen liefert hierbei eine „klassifizierbare subjektive Einschätzung der Hörstörung und erlaubt die Abschätzung des Vorteils bzw. der Zufriedenheit mit einer Hörgeräteversorgung“.<sup>(54)</sup>

## 6 Schlussfolgerung

Die Versorgung mit Cochlea-Implantaten stellt mittlerweile ein erfolgreiches und seit vielen Jahren etabliertes Verfahren zur Behandlung hochgradig höreingeschränkter Personen dar. Der Großteil der Forschungsarbeiten im Bereich der CI-Versorgung beschäftigte sich bisher vor allem mit der Untersuchung von DSD-Patienten bzw. nahm keine Einschränkungen bezüglich der Höreigenschaften des Gegenohres vor. Nur wenige aktuelle Studien betrachteten gesondert die Gruppe der AHL-Patienten, so dass die Datenlage bezüglich postoperativer Performance dieser Subgruppe weiterhin unzureichend bleibt.

Ziel dieser Arbeit war es, vergleichend anhand zwei ähnlicher Kohorten von DSD- und AHL-Patienten, darzustellen, inwieweit sich prä- und postoperative Ergebnisse innerhalb der Gruppe, sowie postoperative Ergebnisse sechs Monate nach CI zwischen beiden Gruppen bezüglich Lebensqualität, Sprachverstehen, Tinnitusbelastung und psychischer Komorbiditäten statistisch unterscheiden.

Ein signifikanter Zugewinn im Sprachverstehen konnte im FE in beiden untersuchten Kohorten (AHL und DSD) bereits ein halbes Jahr nach Implantation nachgewiesen werden, ohne jedoch relevante Unterschiede zwischen den Kohorten aufzeigen zu können. Im OLSA ließ sich postoperativ hingegen ein signifikant besseres Sprachverstehen der AHL-Patienten nachweisen. Mittels OI wurde das subjektive Hörvermögen in der AHL-Kohorte innerhalb aller untersuchten Domänen postoperativ signifikant besser bewertet. Gleiches ließ sich für die DSD-Vergleichsgruppe beobachten. Auch im OI erzielten die AHL-Patienten sowohl prä- als auch postoperativ signifikant bessere Ergebnisse als die DSD-Kohorte.

Anhand der NCIQ-Ergebnisse lässt sich ein postoperativer Zugewinn an Lebensqualität sowohl für AHL- als auch für DSD-Patienten feststellen. Innerhalb der AHL-Kohorte waren hierbei lediglich nicht signifikante Verbesserungstrends ablesbar, wohingegen es innerhalb der DSD-Kohorte zu einem signifikanten Zugewinn an HRQoL kam. Der Benefit für die DSD-Gruppe war demzufolge sehr viel deutlicher. Dennoch erzielte die AHL-Kohorte zu beiden Messzeitpunkten teils signifikant bessere Ergebnisse. Im SF-36 konnten nach CI innerhalb der AHL-Kohorte signifikante Verbesserungen für die Subdomänen „Soziale Funktionsfähigkeit“ und die „Psychische Summenskala“ erzielt werden, wohingegen sich der Bereich „Körperliche Schmerzen“ und die „Körperliche Summenskala“ signifikant verschlechterten. Diese mehrdeutigen Ergebnisse decken sich mit Ergebnissen vorangegangener Studien und bestätigen noch einmal, dass der

SF-36 wohl nicht das geeignete Instrument zur Beurteilung der HRQoL bei CI-Patienten darstellt. Innerhalb der DSD-Kohorte wurden keine signifikanten Veränderungen verzeichnet.

In Bezug auf Stresserleben konnten keine signifikanten Veränderungen durch die CI-Versorgung festgestellt werden. Im Brief-COPE kam es in beiden Kohorten postoperativ zur Abnahme des vermeidenden Copings und zu einer deutlichen Fokussierung auf Support Coping und Positives Denken.

Bezüglich einer reduzierten Tinnitusbelastung (TF) konnten innerhalb der AHL-Kohorte signifikante Verbesserungen gezeigt werden. Drei Patienten gaben postoperativ einen neu aufgetretenen Tinnitus an. Es sind dennoch eindeutige positive Trends feststellbar und auch der Anteil der Patienten an der Gesamtkohorte, welche postoperativ einen Tinnitus angaben, verringerte sich entsprechend, so dass von einem positiven Effekt des CI auf die Tinnitusbelastung ausgegangen werden kann.

Bei der Untersuchung bezüglich einer eventuell vorliegenden depressiven Symptomatik (ADS-L) konnte festgestellt werden, dass präoperativ in keiner der beiden Kohorten ein Anhalt für depressive Symptome gegeben war. Auch kam es postoperativ nicht zum Neuauftreten eines depressiven Krankheitsbildes. Mit dem GAD-7 wurden ebenfalls keine signifikanten Unterschiede gemessen.

Die CI-Versorgung führte in der AHL-Kohorte zu einer signifikanten Verbesserung des Sprachverstehens und des subjektiven Hörerlebnisses sowie zu einer Reduktion der Tinnitusbelastung. In Bezug auf Lebensqualität und psychische Komorbiditäten konnten lediglich Positivtrends beobachtet werden. Gegenüber der DSD-Vergleichsgruppe wurden nach CI in Bezug auf fast alle untersuchten Parameter bessere Ergebnisse auf Seite der AHL-Kohorte verzeichnet, was aufgrund des postoperativ weiterhin vorhandenen monoauralen Hörens innerhalb der DSD-Kohorte im Vergleich zur postoperativ neu geschaffenen binauralen Hörsituation innerhalb der AHL-Kohorte zu erwarten war.

Die vorliegende Studie bestätigt somit das Cochlea-Implantat und die damit verbundene postoperative binaurale Hörrehabilitation für AHL-Patienten als Therapie der Wahl.

## Literaturverzeichnis

1. **Boenninghaus, H. G., & Lenarz, T.** (2007). *Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde* (13. Aufl.). Heidelberg, Deutschland: Springer Medizin Verlag.
2. **Dalton, D. S., Cruickshanks, K. J., Klein, B. E. K., Klein, R., Wiley, T. L., & Nondahl, D. M.** (2003). The Impact of Hearing Loss on Quality of Life in Older Adults. *The Gerontologist*, 43(5), 661–668.
3. **Vos, T., Allen, C., Arora, M., Barber, R. M., Bhutta, Z. A., Brown, A., . . . Murray, C. J. L.** (2016). Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 310 diseases and injuries, 1990–2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *The Lancet*, 388(10053), 1545–1602.
4. **Schiebler, T. H., & Korf, H. W.** (2007). *Anatomie: Histologie, Entwicklungsgeschichte, makroskopische und mikroskopische Anatomie, Topographie* (10. Aufl.). Heidelberg, Deutschland: Steinkopff.
5. **Schmidt, R. F., Lang, F., & Heckmann, M.** (2007). *Physiologie des Menschen: mit Pathophysiologie* (30. Aufl.). Heidelberg, Deutschland: Springer Medizin Verlag.
6. **Zahnert, T.** (2011). The Differential Diagnosis of Hearing Loss. *Deutsches Ärzteblatt International*, 108(25), 433–444.
7. **Zahnert, T.** (2010). Schwerhörigkeit – Ätiologie, Diagnostik und auditive Rehabilitation. *Laryngo-Rhino-Otologie*, 89(11), 669–693.
8. **Schulze, A., & Zahnert, T.** (2014). Differenzialdiagnostik der Hörstörungen. *Laryngo-Rhino-Otologie*, 93(10), 689–715.
9. **Deutsche Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Hals-Chirurgie e. V., Bonn.** (2012). Cochlea-Implantat Versorgung und zentral-auditorische Implantate. *S2k-Leitlinie* (AWMF-Register-Nr.: 017-071).
10. **Wilson, B.** (1752). *A Treatise on Electricity* (2nd edit.) London, England: Davis
11. **Mudry, A., & Mills, M.** (2013). The Early History of the Cochlear Implant. *JAMA Otolaryngology–Head & Neck Surgery*, 139(5), 446–453.

12. **Jones, R. C., Stevens, S. S., & Lurie, M. H.** (1940). Three Mechanisms of Hearing by Electrical Stimulation. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 12(2), 281–290.
13. **Djournio, A., Eyries, C., & Vallancien, B.** (1957). De l'excitation électrique du nerf cochléaire chez l'homme, par induction à distance, à l'aide d'un microbobinage inclus à demeure. *Comptes rendus des séances de la Société de biologie et de ses filiales*, 151(3), 423-5.
14. **Schindela, E.** (2006). *Die Cochlea-Implantatversorgung Erwachsener der HNO-Abteilung im Klinikum Großhadern - Retrospektive Auswertung der Ergebnisse*. München, Ludwig-Maximilians-Universität München: Medizinische Fakultät
15. **Büchner, A., & Gärtner, L.** (2017). Technische Entwicklungen bei Cochleaimplantaten. *HNO*, 65(4), 276–289.
16. **Lenarz, T.** (1998). *Cochlea-Implantat: Ein praktischer Leitfaden für die Versorgung von Kindern und Erwachsenen*. Heidelberg, Deutschland: Springer Medizin Verlag.
17. **Lenarz, T.** (2017). Cochlear Implant – State of the Art. *Laryngo-Rhino-Otologie*, 96(S 01), 123–151.
18. **Lin, F. R., Chien, W. W., Li, L., Clarrett, D. M., Niparko, J. K., & Francis, H. W.** (2012). Cochlear Implantation in Older Adults. *Medicine*, 91(5), 229–241.
19. **Deutsche Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Hals-Chirurgie e. V., Bonn.** (2018). Weißbuch Cochlea-Implantat(CI)-Versorgung. *Empfehlungen zur Struktur, Organisation, Ausstattung, Qualifikation und Qualitätssicherung in der Versorgung von Patienten mit einem Cochlea-Implantat in der Bundesrepublik Deutschland*.  
URL: <https://cdn.hno.org/media/PDF/ci-weissbuch-und-register-dghno-1-auflage-stand-04-2018.pdf>, Abruf am 17.02.2019.
20. **Müller, J.** (2005). Gestörtes Hören. Die apparative Versorgung der Schwerhörigkeit: Cochlea-Implantate und Hirnstammimplantate - Aktuelle Entwicklungen der letzten 10 Jahre. *Laryngo-Rhino-Otologie*, 84, 60–73.

21. **Arndt, S., Laszig, R., Aschendorff, A., Hassepass, F., Beck, R., & Wesarg, T.** (2016). Cochleaimplantatversorgung bei einseitiger Taubheit oder asymmetrischem Hörverlust. *HNO*, 65(7), 586–598.
22. **Cochlear** (2013). Research update: cochlear implants and Baha® as implant treatments for Single-sided Sensorineural Deafness and Asymmetrical Hearing Loss – Part 2. *Cochlear White Paper N36191F ISS1*. Basel, Schweiz: Cochlear AG.
23. **Cadieux, J. H., Firszt, J. B., & Reeder, R. M.** (2013). Cochlear Implantation in Nontraditional Candidates. *Otology & Neurotology*, 34(3), 408–415.
24. **Van Zon, A., Peters, J. P. M., Stegeman, I., Smit, A. L., & Grolman, W.** (2015). Cochlear Implantation for Patients With Single-Sided Deafness or Asymmetrical Hearing Loss. *Otology & Neurotology*, 36(2), 209–219.
25. **Firszt, J. B., Holden, L. K., Reeder, R. M., Cowdrey, L., & King, S.** (2012). Cochlear Implantation in Adults With Asymmetric Hearing Loss. *Ear and Hearing*, 33(4), 521–533.
26. **Goebel, G., & Büttner, U.** (2004). Grundlagen zu Tinnitus: Diagnostik und Therapie. *psychoneuro*, 30(6), 322–329.
27. **Arndt, S., Laszig, R., Aschendorff, A., Beck, R., Schild, C., Hassepaß, F., Ihorst, G., Kroeger, S., Kirchem, P., & Wesarg, T.** (2011). Einseitige Taubheit und Cochlear-implant-Versorgung. *HNO*, 59(5), 437–446.
28. **Van de Heyning, P., Vermeire, K., Diebl, M., Nopp, P., Anderson, I., & De Ridder, D.** (2008). Incapacitating Unilateral Tinnitus in Single-Sided Deafness Treated by Cochlear Implantation. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*, 117(9), 645–652.
29. **Mertens, G., De Bodt, M., & Van de Heyning, P.** (2016). Cochlear implantation as a long-term treatment for ipsilateral incapacitating tinnitus in subjects with unilateral hearing loss up to 10 years. *Hearing Research*, 331, 1–6.
30. **Punte, A. K., Vermeire, K., Hofkens, A., De Bodt, M., De Ridder, D., & Van de Heyning, P.** (2011). Cochlear implantation as a durable tinnitus treatment in single-sided deafness. *Cochlear Implants International*, 12(sup1), 26–29.



31. **Vannson, N., James, C., Fraysse, B., Strelnikov, K., Barone, P., Deguine, O., & Marx, M.** (2015). Quality of Life and Auditory Performance in Adults with Asymmetric Hearing Loss. *Audiology and Neurotology*, 20(1), 38–43.
32. **Chia, E., Wang, J. J., Rochtchina, E., Cumming, R. R., Newall, P., & Mitchell, P.** (2007). Hearing Impairment and Health-Related Quality of Life: The Blue Mountains Hearing Study. *Ear and Hearing*, 28(2), 187–195.
33. **Firszt, J. B., Reeder, R. M., Holden, L. K., & Dwyer, N. Y.** (2018). Results in Adult Cochlear Implant Recipients With Varied Asymmetric Hearing. *Ear and Hearing*, 39(5), 845–862.
34. **Acar, B., Yurekli, M. F., Babademez, M. A., Karabulut, H., & Karasen, R. M.** (2011). Effects of hearing aids on cognitive functions and depressive signs in elderly people. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 52(3), 250–252.
35. **Cherko, M., Hickson, L., & Bhutta, M.** (2016). Auditory deprivation and health in the elderly. *Maturitas*, 88, 52–57.
36. **Huhnd, L.E.** (2011). *Einfluss der Cochlea Implantat Versorgung auf Lebensqualität, Sprachverstehen, Tinnitus und psychische Komorbiditäten unter besonderer Berücksichtigung älterer Patienten*. Berlin, Charité - Universitätsmedizin Berlin.
37. **Wagener, K., Brand, T., & Kollmeier, B.** (1999). Entwicklung und Evaluation eines Satztests für die deutsche Sprache III: Evaluation des Oldenburger Satztests. *Zeitschrift für Audiologie*, 38, 86–95.
38. **HörTech** (2011). Oldenburger Satztest. Bedienungsanleitung für den manuellen Test auf Audio-CD. *KM-20091004-2, Version 1.0 vom 21.09.2011*. Oldenburg, Deutschland: HörTech gGmbH.
39. **AURITEC** (2017). Oldenburger Satztest (olsa). Hamburg, Deutschland: AURITEC Medizindiagnostische Systeme GmbH.  
URL: [http://www.auritec.de/uploads/media/Sprachverfahren\\_DE\\_olsa\\_02.pdf](http://www.auritec.de/uploads/media/Sprachverfahren_DE_olsa_02.pdf),  
Abruf am 12.07.2017.
40. **Evers M. A.** (2016). *Einfluss der durch eine Cochlea Implantation veränderten Tinnitus-Belastung auf Sprachverstehen, Lebensqualität und Komorbiditäten*. Berlin, Charité - Universitätsmedizin Berlin.

41. **Hoth, S.** (2016). Der Freiburger Sprachtest. *HNO*, 64(8), 540–548.
42. **Hinderink, J. B., Krabbe, P. F. M., & Van Den Broek, P.** (2000). Development and application of a health-related quality-of-life instrument for adults with cochlear implants: The Nijmegen Cochlear Implant Questionnaire. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 123(6), 756–765.
43. **Ware, J., & Donald Sherbourne, C.** (1992). The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). I. Conceptual framework and item selection. *Medical care*, 30, 473-83.
44. **Fliege, H., Rose, M., Arck, P., Levenstein, S., & Klapp, B. F.** (2001). Validierung des "Perceived Stress Questionnaire" (PSQ) an einer deutschen Stichprobe. *Diagnostica*, 47(3), 142–152.
45. **Kocalevent, R., Levenstein, S., Fliege, H., Schmid, G., Hinz, A., Brähler, E., & Klapp, B. F.** (2007). Contribution to the construct validity of the Perceived Stress Questionnaire from a population-based survey. *Journal of Psychosomatic Research*, 63(1), 71–81.
46. **Fliege, H., Rose, M., Arck, P., Walter, O. B., Kocalevent, R., Weber, C., & Klapp, B. F.** (2005). The Perceived Stress Questionnaire (PSQ) Reconsidered: Validation and Reference Values From Different Clinical and Healthy Adult Samples. *Psychosomatic Medicine*, 67(1), 78–88.
47. **Carver, C. S.** (1997). You want to measure coping but your protocol' too long: Consider the brief cope. *International Journal of Behavioral Medicine*, 4(1), 92–100.
48. **Carver, C. S., Scheier, M. F., & Weintraub, J. K.** (1989). Assessing coping strategies: A theoretically based approach.. *Journal of Personality and Social Psychology*, 56(2), 267–283.
49. **Knoll, N.** (2002). *Coping as a Personality Process: How Elderly Patients Deal with Cataract Surgery*. Berlin, Freie Universität Berlin: Fachbereich Erziehungswissenschaft und Psychologie.
50. **Goebel, G., & Hiller, W.** (1994). The tinnitus questionnaire. A standard instrument for grading the degree of tinnitus. Results of a multicenter study with the tinnitus questionnaire. *HNO*, 42, 166-72.

51. **Hiller, W., Goebel, G., & Rief, W.** (1994). Reliability of self-rated tinnitus distress and association with psychological symptom patterns. *British Journal of Clinical Psychology*, 33(2), 231–239.
52. **Goebel, G., Hiller, W.** (1998). *Tinnitus-Fragebogen: (TF); ein Instrument zur Erfassung von Belastung und Schweregrad bei Tinnitus; Handanweisung*. Göttingen, Deutschland: Hogrefe, Verlag für Psychologie.
53. **Holube, I., & Kollmeier, B.** (1991). Ein Fragebogen zur Erfassung des subjektiven Hörvermögens: Erstellung der Fragen und Beziehung zum Tonschwellenaudiogramm. *Audiologische Akustik*, 30(2), 48–64.
54. **Holube, I., Kollmeier, B.** (1994). Modifikation eines Fragebogens zur Erfassung des subjektiven Hörvermögens und dessen Beziehungen zur Sprachverständlichkeit in Ruhe und in Störgeräuschen. *Audiologische Akustik*, 33(4), 22-35.
55. **Hautzinger, M., & Bailer, M.** (1993). *Die Allgemeine Depression Skala (ADS)*. Weinheim, Deutschland: Beltz Test.
56. **Spitzer, R. L., Kroenke, K., Williams, J. B. W., & Löwe, B.** (2006). A Brief Measure for Assessing Generalized Anxiety Disorder. *Archives of Internal Medicine*, 166(10), 1092–1097.
57. **Swinson, R. P.** (2006). The GAD-7 scale was accurate for diagnosing generalised anxiety disorder. *Evidence-Based Medicine*, 11(6), 184.
58. **Kroenke, K., Spitzer, R. L., Williams, J. B., Monahan, P. O., & Löwe, B.** (2007). Anxiety Disorders in Primary Care: Prevalence, Impairment, Comorbidity, and Detection. *Annals of Internal Medicine*, 146(5), 317-325.
59. **Litovsky, R., Parkinson, A., Arcaroli, J., & Sammeth, C.** (2006). Simultaneous Bilateral Cochlear Implantation in Adults: A Multicenter Clinical Study. *Ear and Hearing*, 27(6), 714–731.
60. **Olze, H., Szczepek, A. J., Haupt, H., Förster, U., Zirke, N., Gräbel, S., & Mazurek, B.** (2011). Cochlear implantation has a positive influence on quality of life, tinnitus, and psychological comorbidity. *The Laryngoscope*, 121(10), 2220–2227.

61. **Olze, H., Gräbel, S., Förster, U., Zirke, N., Huhnd, L. E., Haupt, H., & Mazurek, B.** (2011). Elderly patients benefit from cochlear implantation regarding auditory rehabilitation, quality of life, tinnitus, and stress. *The Laryngoscope*, 122(1), 196–203.
62. **Olze, H., Szczepek, A. J., Haupt, H., Zirke, N., Graebel, S., & Mazurek, B.** (2012). The Impact of Cochlear Implantation on Tinnitus, Stress and Quality of Life in Postlingually Deafened Patients. *Audiology and Neurotology*, 17(1), 2–11.
63. **Jacob, R., Stelzig, Y., Nopp, P., & Schleich, P.** (2011). Audiologische Ergebnisse mit Cochlear implant bei einseitiger Taubheit. *HNO*, 59(5), 453–460.
64. **Dudka, S.** (2018). *Hörrehabilitation durch Cochlea Implantation bei einseitiger Ertaubung. Einfluss auf Sprachverstehen, Lebensqualität, psychische Komorbiditäten und Tinnitusbelastung*. Berlin, Charité - Universitätsmedizin Berlin.
65. **Rösli, M., Hoth, S., Baumann, I., Praetorius, M., & Plinkert, P.** (2015). Der Einfluss der CI-Versorgung von einseitig tauben Patienten auf die Lebensqualität. *HNO*, 63(3), 182–188.
66. **Hirschfelder, A., Gräbel, S., & Olze, H.** (2008). The impact of cochlear implantation on quality of life: The role of audiologic performance and variables. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 138(3), 357–362.
67. **Olze, H., Gräbel, S., Haupt, H., Förster, U., & Mazurek, B.** (2012). Extra Benefit of a Second Cochlear Implant With Respect to Health-Related Quality of Life and Tinnitus. *Otology & Neurotology*, 33(7), 1169–1175.
68. **Chung, J., Chueng, K., Shipp, D., Friesen, L., Chen, J. M., Nedzelski, J. M., & Lin, V. Y. W.** (2012). Unilateral Multi-Channel Cochlear Implantation Results in Significant Improvement in Quality of Life. *Otology & Neurotology*, 33(4), 566–571.
69. **Lazarus, R. S., & Folkman, S.** (1984). *Stress, Appraisal, and Coping*. New York City, USA: Springer Publishing Company.
70. **Levenstein, S., Prantera, C., Varvo, V., Scribano, M., Berto, E., Luzi, C., & Andreoli, A.** (1993). Development of the perceived stress questionnaire: A new

- tool for psychosomatic research. *Journal of Psychosomatic Research*, 37(1), 19–32.
71. **Schumpa, S.** (2015). *Einfluss einer Cochlea Implantat-Versorgung auf Sprachverstehen, Lebensqualität und Tinnitus - Ergebnisse einer prospektiven Studie*. Berlin, Charité - Universitätsmedizin Berlin.
  72. **Baguley, D. M., & Atlas, M. D.** (2007). Cochlear implants and tinnitus. *Tinnitus: Pathophysiology and Treatment*, , 347–355.
  73. **Di Nardo, W., Cantore, I., Cianfrone, F., Melillo, P., Scorpecci, A., & Paludetti, G.** (2007). Tinnitus modifications after cochlear implantation. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 264(10), 1145–1149.
  74. **Pan, T., Tyler, R. S., Ji, H., Coelho, C., Gehring, A. K., & Gogel, S. A.** (2009). Changes in the Tinnitus Handicap Questionnaire After Cochlear Implantation. *American Journal of Audiology*, 18(2), 144-151.
  75. **Kompis, M., Pelizzone, M., Dillier, N., Allum, J., DeMin, N., & Senn, P.** (2012). Tinnitus before and 6 Months after Cochlear Implantation. *Audiology and Neurotology*, 17(3), 161–168.
  76. **Beutel, M. E., Jünger, C., Klein, E. M., Wild, P., Lackner, K., Blettner, M., ... Münzel, T.** (2016). Noise Annoyance Is Associated with Depression and Anxiety in the General Population - The Contribution of Aircraft Noise. *PLoS ONE*, 11(5), e0155357. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0155357>
  77. **Franko-Tobin, E., Camilon, P. R., Camposeo, E., Holcomb, M. A., & Meyer, T. A.** (2015). Outcomes of Cochlear Implantation in Adults with Asymmetric Hearing Loss. *Otology & Neurotology*, 36(3), 409–415.
  78. **Buechner, A., Beynon, A., Szyfter, W., Niemczyk, K., Hoppe, U., Hey, M., . . . Smoorenburg, G.** (2011). Clinical evaluation of cochlear implant sound coding taking into account conjectural masking functions, MP3000™. *Cochlear Implants International*, 12(4), 194–204.
  79. **Olze, H., Zahnert, T., & Hesse, G.** (2010). Hörgeräte, implantierbare Hörgeräte und Cochlear implants in der Therapie des chronischen Tinnitus. *HNO*, 58(10), 1004–1012.

80. **Weiß, C.** (2008). *Basiswissen Medizinische Statistik* (4. Aufl.). Berlin, Deutschland: Springer Medizin Verlag.
81. **Coughlin, S. S.** (1990). Recall bias in epidemiologic studies. *Journal of Clinical Epidemiology*, 43(1), 87–91.
82. **Arnoldner, C., Lin, V. Y., Honeder, C., Shipp, D., Nedzelski, J., & Chen, J.** (2013). Ten-year health-related quality of life in cochlear implant recipients. *The Laryngoscope*, 124(1), 278–282.
83. **Newman, C.W., Jacobson, G.P., Spitzer, J.B.** (1996). Development of the Tinnitus Handicap Inventory. *Archives of Otolaryngology – Head & Neck Surgery*, 122(2), 143-148.

## Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Bastian Rosner, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema:

*„Einfluss der Cochlea-Implantat-Versorgung auf Lebensqualität, Sprachverstehen, Tinnitusbelastung und psychische Komorbiditäten bei Patienten mit Asymmetric Hearing Loss (AHL)“*

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](http://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.“

---

Datum

---

Unterschrift

## **Anteilserklärung an etwaigen erfolgten Publikationen**

Herr Bastian Rosner hatte Anteil an den folgenden Publikationen:

**Ketterer, M.C., Häussler, S.-M., Hildenbrand, T., Speck, I., Peus, D., Rosner, B., Knopke, S., Graebel, S., Olze, H.** (2020). Binaural Hearing Rehabilitation Improves Speech Perception, Quality of Life, Tinnitus Distress, and Psychological Comorbidities. *Otology & Neurotology*, 41(5), e563-e574.

Beiträge im Einzelnen: Patientenakquise, Durchführung der audiologischen Tests zum Sprachverstehen, Primärdatenerfassung und -aufbereitung

Herr Bastian Rosner hatte Anteil an folgenden Kongressbeiträgen:

**Häussler, S.-M., Knopke, S., Rosner, B., Graebel, S., Olze, H.** (2019). Einfluss der CI-Versorgung auf die Tinnitusbelastung und Lebensqualität bei einseitiger Ertaubung, asymmetrischem Hörverlust und beidseitiger Ertaubung. *Herbsttagung der Arbeitsgemeinschaft Deutschsprachiger Audiologen, Neurootologen und Otologen (ADANO) der Deutschen Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde e.V.*, München, 17.-18. Oktober 2019.

Beiträge im Einzelnen: Patientenakquise, Durchführung der audiologischen Tests zum Sprachverstehen, Primärdatenerfassung und -aufbereitung

---

Unterschrift, Datum und Stempel der erstbetreuenden Hochschullehrerin

---

Unterschrift des Doktoranden



## **Lebenslauf**

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



## Publikationsliste

### Zeitschriftenbeiträge:

**Ketterer, M.C., Häussler, S.-M., Hildenbrand, T., Speck, I., Peus, D., Rosner, B., Knopke, S., Graebel, S., Olze, H.** (2020). Binaural Hearing Rehabilitation Improves Speech Perception, Quality of Life, Tinnitus Distress, and Psychological Comorbidities. *Otology & Neurotology*, 41(5), e563-e574.

### Kongressbeiträge:

**Häussler, S.-M., Knopke, S., Rosner, B., Graebel, S., Olze, H.** (2019). Einfluss der CI-Versorgung auf die Tinnitusbelastung und Lebensqualität bei einseitiger Ertaubung, asymmetrischem Hörverlust und beidseitiger Ertaubung. *Herbsttagung der Arbeitsgemeinschaft Deutschsprachiger Audiologen, Neurootologen und Otologen (ADANO) der Deutschen Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde e.V.*, München, 17.-18. Oktober 2019.

## **Danksagung**

Zunächst möchte ich mich bei meiner Doktormutter, Frau Prof. Dr. med. Heidi Olze, für die Überlassung des Themas und die Betreuung bedanken.

Danken möchte ich außerdem Frau Dr. med. Sophia Häußler, welche mir in der finalen Phase der Fertigstellung dieser Arbeit jederzeit mit Rat und Tat zur Seite stand.

Herrn Dr. rer. medic. Stefan Gräbel danke ich recht herzlich dafür, dass er als primärer Ansprechpartner vor Ort war und mich bei den Patiententestungen unterstützte sowie in die Patientendatenbanken einwies.

Des Weiteren bedanke ich mich bei den Kollegen des Hörtherapiezentrum im Oberlinhaus Potsdam für die unkomplizierte Zusammenarbeit.

Mein Dank gilt außerdem den freiwilligen Probanden dieser Studie, die durch Ihr Einverständnis zur Teilnahme sowie Ihre Geduld und Ausdauer beim Ausfüllen der Fragebögen und den Hörtestungen diese Arbeit erst ermöglicht haben.

Ein großes Dankeschön gilt Alexandra, Anne, Vanessa und Jan, die während des Medizinstudiums in Berlin an meiner Seite waren und mich tatkräftig unterstützt und begleitet haben.

Der größte Dank aber gebührt meinen Eltern, die mir das Studium erst ermöglichten, mir während meines gesamten Lebensweges zur Seite standen und diese Arbeit korrekturlasen. Auch danke ich meinem Vater für die Hilfe bei der statistischen Auswertung der Daten.

Zum Schluss möchte ich mich bei meinem Freund Klaus für seine Geduld, seine fortwährende Unterstützung sowie seine aufmunternden Worte und Anregungen zur Fertigstellung dieser Arbeit bedanken.