

Aus dem  
CharitéCentrum für Audiologie / Phoniatrie, Augen- und HNO-Heilkunde  
Centrumsleiterin: Prof. Dr. Antonia Jousen  
Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde  
Direktorin: Prof. Dr. Heidi Olze

## **Habilitationsschrift**

# **Einfluss der Cochlea-Implantat-Versorgung auf die mentale und kognitive Gesundheit älterer Hörgeschädigter**

zur Erlangung der Lehrbefähigung  
für das Fach Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde

vorgelegt dem Fakultätsrat der Medizinischen Fakultät  
Charité - Universitätsmedizin Berlin

von

**Dr. med. Steffen Knopke**

**Eingereicht: Januar 2022**  
**Dekan: Prof. Dr. med. Axel R. Pries**  
**1. Gutachter/in: Prof. Dr. med. Antje Aschendorff**  
**2. Gutachter/in: Prof. Dr. med. Thomas Zahnert**

## Widmung

Meiner Frau und meinen Kindern.

„Ich glaube, dass das größte Geschenk,  
das Du Deiner Familie und der Welt geben kannst,  
ein gesundes Du ist.“

*Joyce Meyer*

## Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen	5
Vorbemerkung	6
1 Einleitung	7
1.1 Epidemiologie der Schwerhörigkeit des Erwachsenen	7
1.2 Ätiologie der Schwerhörigkeit des alternden Erwachsenen	8
1.3 Hörrehabilitation durch das Cochlea-Implantat	9
1.4 Beeinflussende Variablen der Cochlea-Implantat-Versorgung	10
1.5 Der positive Einfluss der CI-Versorgung auf Komorbiditäten des Hörverlusts	13
1.6 Methodische Beurteilung der Cochlea-Implantat-Kandidaten	17
1.7 Zielstellungen und Hypothesen	24
2 Eigene Arbeiten	25
2.1 “Impact of cochlear implantation on quality of life and mental comorbidity in patients aged 80 years”	25
2.2 „Age-Dependent Psychological Factors Influencing the Outcome of Cochlear Implantation in Elderly Patients”	33
2.3 “Cochlear Implantation of Bilaterally Deafened Patients with Tinnitus Induces Sustained Decrease of Tinnitus-Related Distress”	48
2.4 „White Matter Lesions as Possible Predictors of Audiological Performance in Adults after Cochlear Implantation”	61
2.5 “Improvement of Working Memory and Processing Speed in Patients over 70 with Bilateral Hearing Impairment Following Unilateral Cochlear Implantation”	76

3	Diskussion	91
4	Zusammenfassung	102
5	Literaturangaben	104
	Danksagung	122
	Erklärung	123

## Abkürzungen

ADS-L	Allgemeine Depressionsskala - Langversion
CI	Cochlea-Implantat
FMT	Freiburger Einsilbertest in Ruhe bei 65 dB SPL
GAD-7	General Anxiety Disorder-7
HL	hearing level
HRQoL	Gesundheitsbezogene Lebensqualität (health-related quality of life)
NCIQ	Nijmegen Cochlear Implantation Questionnaire
OI	Oldenburger Inventar
OLSA	Oldenburger Satztest im Störgeräusch bei 65 dB SPL
PSQ-30	Perceived Stress Questionnaire
SPL	sound pressure level
TQ	Tinnitusfragebogen nach Göbel und Hiller
WHO	Weltgesundheitsorganisation
4f-PTA	Frequenzmittelwert (500, 1000, 2000 und 4000 Hz nach WHO; four frequency pure tone average)

## **Vorbemerkung**

In der vorliegenden Arbeit wurde die geschlechtsneutrale Schreibweise bevorzugt angewandt. Sollte dies nicht möglich gewesen sein, so wurde das generische Maskulinum verwandt. Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass zu jedem Zeitpunkt Bezug zu den Angehörigen aller Geschlechter besteht.

# 1 Einleitung

## 1.1 Epidemiologie der Schwerhörigkeit des Erwachsenen

Nach Erhebungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO) leiden ca. 466 Mio. Menschen unter einem beeinträchtigenden Hörverlust, was mit durchschnittlich mehr als 35 dB Hörschwellenverlust im Hauptsprachbereich des besser hörenden Ohres definiert ist [1]. Dabei wird der Anteil über 60-Jähriger mit ca. 25% beziffert und steigt altersabhängig an [1]. Zur international besseren Vergleichbarkeit schlug die WHO im Jahr 2012 die Klassifikation von Schwerhörigkeiten vor [2]. Diese Einteilung bezieht sich auf das arithmetische Mittel der reintonaudiometrischen Grundfrequenzen 500, 1000, 2000 und 4000 Hz (4f-PTA, four frequency pure tone average) in Luftleitung:

- Normalhörigkeit  $4f\text{-PTA} \leq 25 \text{ dB HL}$
- Geringgradige Schwerhörigkeit  $4f\text{-PTA} > 25 \text{ dB HL und } \leq 40 \text{ dB HL}$
- Mittelgradige Schwerhörigkeit  $4f\text{-PTA} > 40 \text{ dB HL und } \leq 60 \text{ dB HL}$
- Hochgradige Schwerhörigkeit  $4f\text{-PTA} > 60 \text{ dB HL und } \leq 80 \text{ dB HL}$
- An Taubheit grenzende Schwerhörigkeit  $4f\text{-PTA} > 80 \text{ dB HL}$

Für Deutschland wurden mittels WHO-Kriterien epidemiologische Daten in der HÖRSTAT-Prävalenzstudie ermittelt [2–4]. Daraus lässt sich entnehmen, dass oberhalb des 50. Lebensjahrs die Prävalenz in jeder Dekade signifikant ansteigt. Während bis zum 60. Lebensjahr ca. 6,6% der Teilnehmenden unter Hörstörungen litten, lag der Anteil zwischen dem 60. und 70. Lebensjahr bei 20,3%, zwischen 70 und 80 Jahren bei 42,2% und bei den über 80-Jährigen bei 71,5% [2]. Die Daten sind mit denen anderer Industrienationen vergleichbar [5].

## 1.2 Ätiologie der Schwerhörigkeit des alternden Erwachsenen

Die Ursachen der Schwerhörigkeit sind von Ort, Art und Zeitpunkt ihrer Entstehung abhängig. Während die prälinguale Ertaubung gehäuft mit syndromalen Fehlbildungen und/oder genetischen bzw. hereditären Faktoren assoziiert ist, wird der postlinguale Hörverlust hauptsächlich von degenerativen Prozessen bestimmt und ist nur nachrangig genetisch bedingt [6]. Beim alternden Menschen sind im Wesentlichen vier Zuordnungen zu besprechen:

- Die Schädigungen des schalleitenden Apparates am äußeren Ohr oder Mittelohr mit konsekutiver Schalleitungsschwerhörigkeit.
- Der Verlust der Innenohrfunktion mit sensorineuraler Schwerhörigkeit infolge von Haarzellschädigung durch chronische Lärmeinwirkung, ototoxische Einflüsse und Mikrozirkulationsstörungen.
- Zudem periphere neuronale Störungen mit Schädigungen am Ganglion spirale oder des Nucl. cochlearis.
- Das vierte Schädigungsprofil umfasst die zentrale neuronale Schädigung des alternden Menschen, deren Kompensationsfähigkeit durch die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses determiniert wird [7].

Die mit Abstand größte Gruppe der Schwerhörigkeit umfasst die sensorineurale Schwerhörigkeit infolge physiologischer Alterungsprozesse [8]. Bei den über 70-Jährigen wird dieser Anteil mit ca. zwei Dritteln der Schwerhörigkeiten beziffert [9]. Die individuell unterschiedlich verlaufende sensorineurale Schwerhörigkeit des Alternden, sog. Presbyakusis, bestimmen intrinsische und extrinsische Faktoren. Eine scharfe Trennung der auslösenden Faktoren ist nicht möglich, da zwar primär auditorische Efferenzen für die sensorische Funktion des Innenohres verantwortlich sind, jedoch eine zentrale auditorische Regulation durch sog. Top-down-Prozesse, resp. regulatorische Efferenzen erfolgt. Somit bedarf die qualifizierte Sprachperzeption intakter zentral-auditorischer Funktionen [10–12].



### 1.3 Hörrehabilitation durch das Cochlea-Implantat

Der Anteil ausreichend behandelter Hörverluste wird unabhängig von der Art der Hörhilfe mit lediglich 20% beziffert [5, 13]. Nach Patientenangaben ist weniger die Unzufriedenheit mit dem tonalen Gehör als die mangelnde soziale Teilhabe aufgrund unzureichenden Sprachverständnisses für die Vorstellung beim Arzt ausschlaggebend. Der reduzierte cochleäre Input beeinflusst das Sprachverständnis in Kombination mit einer nachlassenden kognitiven Funktion nachhaltig, was sich im Störgeräusch oder in Gruppensituationen verschärft [14].

Die Grundlagen der Hörrehabilitation in Deutschland sind in der Hilfsmittelverordnung verankert [15]. Bezug nehmend auf die S2k-AWMF-Leitlinie „Cochlea-Implant-Versorgung“ [16] gibt das Weißbuch Cochlea-Implantat(CI)-Versorgung [17] Handlungsempfehlungen für die Indikationsstellung.

Für hochgradig schwerhörige oder gehörlose Patienten ist die Hörrehabilitation mit CI vorzuschlagen, wenn durch eine konventionelle Hörgeräteversorgung, knochenverankerte Hörgeräte oder teil- / implantierbare Hörgeräte kein ausreichendes Sprachverständnis erreicht werden kann. Die häufig bei Älteren auftretende Diskrepanz zwischen schlechtem Sprachverständnis mit noch verhältnismäßig gutem tonaudiometrischen Gehör erfordert neben der Reintonaudiometrie die Durchführung der Sprachaudiometrie, die als Parameter der suffizienten Sprach- und Hörrehabilitation für das Sprachverständnis ausschlaggebend ist. Die Korrelation der Reintonaudiometrie mit der Sprachaudiometrie unter der Prämisse, eine CI-Indikation aus dem Tonschwellenaudiogramm abzuleiten, kann als Screening hilfreich sein, erlaubt aber vor dem Hintergrund der benannten Diskrepanz der Verfahren keine alleinige audiologische Indikationsstellung [18, 19]. In Deutschland ist für die Sprachaudiometrie des Erwachsenen der Freiburger Einsilbertest verbreitet [20] (0). Bereits bei einem Einsilberversständnis von  $\leq 60\%$  in Ruhe bei 65 dB HL besteht Evidenz für die CI-Versorgung. Vorausgesetzt sei die Annahme der Funktionsfähigkeit retrocochleärer und zentral-auditorischer Strukturen, deren obligate Analyse

durch Magnetresonanztomografie (MRT) und Computertomografie (CT) gestützt wird [17].

#### **1.4 Beeinflussende Variablen der Cochlea-Implantat-Versorgung**

##### *Technischer Fortschritt*

Der technische Fortschritt der vergangenen Jahrzehnte im Bereich von Hardware und Software, ausgehend von einkanaligen Elektroden zu den heute gebräuchlichen Multikanal-Elektroden-Array-CI mit situationsabhängigen Kodierungsstrategien des Sprachprozessors führte zu einer signifikanten Verbesserung des Sprachverständnisses [21]. Durch den Ersatz der Funktion der inneren Haarzellen mit direkter elektrischer Stimulation der peripheren Nervenendigungen des Innenohres wird eine tonotope Frequenzzuordnung durch die in der Scala tympani inserierten Elektrodenkontakte ermöglicht [22].

##### *Hörrehabilitation*

Das Ziel der Sprach- und Hörrehabilitation mit dem CI ist das freie Sprachverständnis als eine rein auditive Sprachperzeption ohne weitere Unterstützung wie bspw. durch das Mundbild des Gesprächspartners. Im Rahmen der Folgetherapie der CI-Versorgung wird in einem Zeitraum von 6 – 12 Monaten ebendieses Ziel von ca. 70% der Rehabilitierenden erreicht [22]. Zur Überprüfung des Versorgungserfolges post implantationem wird neben dem Freiburger Einsilbertest ebenfalls der Oldenburger Satztest (OLSA) angewandt, der zur Beurteilung der Hörfähigkeit in schwierigen Hörsituation im Störgeräusch herangezogen wird und eine alltagsnähere Testung erlauben [23, 24]. Trotz standardisierter Prozesskriterien sind die postoperativen audiologischen Ergebnisse breit gestreut. Als einflussnehmende Variablen haben sich der Beginn sowie die Dauer des Hörverlustes, die Ursache des Hörverlustes und der kognitive Status der CI-Tragenden herausgestellt [25, 26]. In der Vergangenheit

fürhte die Assoziation des numerischen Alters mit ebendiesen Faktoren zu der globalen Annahme einer schlechteren Performance Älterer [27], was in der jüngeren Literatur jedoch revidiert werden konnte [28–30].

### *Dauer der Ertaubung*

Der Einfluss der Ertaubungsdauer auf den CI-Versorgungserfolg über alle Altersgruppen hinweg ist bekannt [25]. Diskussion besteht über den Zeitraum der sensorischen Deprivation, ab dem signifikante Nachteile zu erwarten sind [31]. Nach Erhebungen von Zeh und Baumann sind relevant schlechtere Rehabilitationsergebnisse oberhalb einer Ertaubungsdauer von 10 Jahren anzunehmen [32]. Mit jeder Dekade an in Taubheit verbrachter Lebenszeit sinkt das Rehabilitationspotenzial, sodass oberhalb von 30 Jahren Ertaubungsdauer eine signifikant schlechtere Performance von ca. 40% im Vergleich zu den CI-Versorgten unterhalb von 10 Jahren Dauer besteht. Dabei ist der positive Zusammenhang einer Hörgeräteversorgung hochgradig Schwerhöriger ohne soziales Gehör mit nur geringem oder auch keinem subjektiven Zugewinn zur Aufrechterhaltung der neuralen Bahnung mit dem audiologischen Outcome nach CI festzuhalten [33].

### *Numerisches Alter*

Nach Ptok und Kießling sind die Resultate sprachaudiometrischer Untersuchungen nicht allein anhand des sensorischen Defizites zu bewerten [12]. Neben dem Zeitraum in Taubheit verbrachter Lebenszeit wird der Einfluss des numerischen Alters auf das Outcome nach CI, gemessen am Sprachverständnis, kontrovers diskutiert. Eine Assoziation beider Parameter wurde angenommen. Der komplexe Vorgang des Sprachverstehens und -verständnisses umfasst mehrere Ebenen und fokussiert sensorische, perzeptive und kognitive Fähigkeiten, die in Modellvorstellungen beschrieben sind und durch nach zentral aufsteigende aber auch nach peripher absteigende Mechanismen

gekennzeichnet ist [12, 34]. Nach Bereinigung der Eingangsparameter Ertaubungsdauer und Zeit nach Implantation konnten vergleichbare sprachrehabilitative Ergebnisse für jüngere und ältere CI-Träger gezeigt werden [35, 36]. Die Eignung zur CI-Versorgung sowie die zu erwartende Performance werden in der jüngeren Literatur neben der sensorischen Fähigkeit und den genannten Parametern am biologischen und kognitiven Alter bewertet [37, 38], da der zeitliche Verlauf des Funktionsverlustes individuell unterschiedlich ist und von verschiedenen Faktoren wie bspw. dem geno- und phänotypischen Ausgangsstatus, Komorbiditäten oder der Lebensführung abhängt [39].

### *Kognitive Einschränkungen*

Die individuellen kognitiven Fähigkeiten werden global in kristalline und fluide Anteile gegliedert [40]. Während ein Rückgang der fluiden Intelligenz mit den Anteilen Arbeitsgedächtnis und Verarbeitungsgeschwindigkeit bereits ab dem 50. Lebensjahr messbar ist [40], ist die kristalline Intelligenz regelmäßig bis ins höhere Lebensalter stabil [41]. Die Exekutivfunktion Arbeitsgedächtnis sowie die Verarbeitungsgeschwindigkeit ermöglichen dem Zuhörer, den Sprecher zu fokussieren, akustische Signale mit bekannten phonologischem Wissen zu vergleichen und von irrelevanten akustischen Informationen zu trennen [42, 43]. Diese Mechanismen werden durch Hörschäden verstärkt beansprucht [44]. Individuelle Kompensationsfähigkeiten der Hörbeeinträchtigung für das Sprachverständnis werden durch die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses determiniert und sind somit abhängig von der kognitiven Leistungsfähigkeit des Betroffenen [34]. Nicht zuletzt die Lancet Commission on Dementia Prevention, Intervention and Care verdeutlichte in ihrem Positionspapier [45] den Stellenwert der Hörschädigung im Hinblick auf demenzielle Erkrankungen ab dem mittleren Lebensalter und benannte unbehandelte Hörschädigungen als den prozentual führenden, vermeidbaren Risikofaktor für die Entstehung eines dementiellen Syndroms. In Wechselwirkung mit der kognitiven Funktion und der Hörfähigkeit stehen die vermeidbaren Risikofaktoren Depression, soziale Isolation und körperliche Inaktivität des Älteren [45–48]. Die Diskussion um mögliche

Prädiktoren des Rehabilitationsergebnisses einer CI-Versorgung Hörgeschädigter ist nicht abgeschlossen. Vielmehr war bisher das Hören, resp. die Hörrehabilitation im Fokus der meisten Untersuchungen mit der möglichen Verbesserung der physischen und psychischen Gesundheit.

### **1.5 Der positive Einfluss der CI-Versorgung auf Komorbiditäten des Hörverlusts**

Hörverluste und die daraus resultierende Einschränkung der Kommunikationsfähigkeit sind stark mit Einschränkung der Lebensqualität, Depression, Isolation und Demenz assoziiert [43, 49]. Mit zunehmendem Stellenwert der CI-Versorgung in der älteren Bevölkerung gewinnt die psychische Gesundheit Hörgeschädigter an Bedeutung und nimmt einen Stellenwert beim gesunden Altern ein [50, 51].

#### *Gesundheitsbezogene Lebensqualität*

Durch die Erkenntnis, dass organische Erkrankungen und deren Behandlung weitreichende Auswirkungen auf die physische und psychische Gesundheit sowie das Sozialverhalten haben, kam der Erhebung der durch Krankheit beeinflussten, gesundheitsbezogenen Lebensqualität (HRQoL; health-related quality of life) in der jüngeren Vergangenheit ein zunehmend größerer Stellenwert bei der Beurteilung des Behandlungserfolges von Patienten zu [52]. Für die prä- und posttherapeutische Erhebung der HRQoL haben sich verschiedene Instrumente etabliert, wobei sich im deutschsprachigen Raum für die Beurteilung der hörbezogenen Lebensqualität von CI-Kandidaten der Nijmegen Cochlear Implant Questionnaire (NCIQ) [52] in deutscher Übersetzung etabliert hat und in die Leitlinienempfehlung der Deutschen Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde aufgenommen wurde [16].

In der Diskussion um den altersabhängigen Zugewinn der HRQoL berichteten Vermeire et al. [53] von einer besseren Performance Jüngerer. Hirschfelder et al. [36] beschrieben hingegen die Korrelation der HRQoL im NCIQ mit dem Zeitraum seit der CI-Versorgung, wobei eine bereits länger zurückliegende Implantation mit signifikant besseren HRQoL-Resultaten verknüpft war. Diese Erkenntnis wurde durch weitere Veröffentlichungen gestützt, die einen altersunabhängigen Zugewinn der HRQoL Jüngerer und Älterer sahen [35]. Die HRQoL ist signifikant mit der Hörrehabilitation assoziiert und nicht, wie anfänglich vermutet, durch das geänderte Sozialverhalten sowie die Veränderung der beruflichen Anforderungen Jüngerer und Älterer determiniert [35, 54–58].

### *Depressivität*

Die Entwicklung einer neuropsychiatrischen Dysfunktion und insbesondere Depression infolge von Hörverlusten ist mit einem 4-fach erhöhten Risiko bekannt [59, 60]. Die 12-Monatsprävalenz einer Major-Depression nach DSM-V (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders 5. Ed.) wird mit 10,4%, die Lebenszeitprävalenz mit 20,6% beziffert [61]. Depressionen zählen ebenso wie Hörverluste zu den Hauptrisikofaktoren für die spätere Entstehung eines demenziellen Syndroms, sind koexistent, aber nicht bedingt abhängig [62]. Dies könnte nach derzeitigem Wissensstand durch ineinandergreifende Verhaltensmuster erklärbar sein. Somit führt ein eingeschränktes Hörvermögen zu sozialem Rückzug mit folglich verminderter Aktivität zentraler auditorischer Bereiche und ferner zur Atrophie frontaler Hirnareale. Die Hörschädigung führt weiterhin zu einer zunehmenden kognitiven Belastung mit verminderter kognitiver Reservekapazität und zunehmender Dysfunktion der auditorisch- limbischen Netzwerke [63]. In der Folge resultiert eine zunehmende exekutive Dysfunktion mit Unterbrechung der normalen emotionalen Reaktion und Reaktivität [64]. Dieser Zusammenhang verdeutlicht die Notwendigkeit, eine Pseudodemenz infolge eines depressiven Syndroms von einem demenziellen Syndrom bei der klinischen Evaluation derselben abzugrenzen [65]. Wie für die Hörrehabilitation selbst besteht Evidenz für die Hörrehabilitation bei affektiven

Störungen [60, 66]. Der positive Effekt der CI-Versorgung hochgradig Schwerhöriger auf depressive Symptome wurde in Studien unter Verwendung mehrerer psychometrischer Instrumente gezeigt [48, 49, 60, 67–69].

### *Ängstlichkeit*

Depressive Symptome sind mit Angststörungen und Ängstlichkeit assoziiert. Dabei nehmen Angsterkrankungen mit einer Lebenszeitprävalenz von 37,3% unter den an Depressionen Erkrankten einen hohen Stellenwert ein [61]. Nach Berichten von Contrera et al. [51] aus der Health ABC-Study ist die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von ängstlichen Symptomen vom Grad der Schwerhörigkeit abhängig, wobei hochgradig Schwerhörige am stärksten betroffen seien. Inwiefern ältere Hörgeschädigte weniger oder vergleichbar mit Jüngeren von Ängstlichkeit betroffen sind, wird kontrovers diskutiert. Bedeutungsvoll bei der altersbezogenen Bewertung von phobischen Symptomen scheint neben somatischen Beschwerden die Koexistenz weiterer beeinflussender Faktoren wie bspw. Depressionen und Tinnitus zu sein [51, 70–72]. Somit war die bisherige isolierte Nutzenbewertung hinsichtlich der therapeutischen Optionen aufgrund überlappender Effekte eine Herausforderung, wengleich positive Effekte der CI-Versorgung hochgradig postlingual Schwerhöriger beschrieben wurden [47, 73–75].

### *Stressempfinden*

Stress ist eine biologische Reaktion auf psychische oder physische Einflüsse, die zu einer Adaptation des Organismus und Coping beitragen soll [76]. Sowohl auf klinischer wie auch hormoneller Ebene besteht eine enge Verzahnung der Erklärungsmodelle mit affektiven und phobischen Dysfunktionen [77]. Zwar ist die Reduktion des empfundenen Stresslevels durch die CI-Versorgung beschrieben, jedoch ist die Trennung bei einem Mischbild aus Hörverlust, Schweregrad des Hörverlustes und Begleitsymptomen wie zum Beispiel Tinnitus

nur schwer möglich. Vielmehr besitzt Stress infolge eines spezifischen Auslösers das Potenzial, weitere psychische Begleiterscheinungen auszulösen. Somit kann die CI-Versorgung über die kausale Behandlung des Hörverlustes mit oder ohne Tinnitus zu einer Reduktion des Stresslevels hochgradig Hörgeschädigter beitragen [47, 75].

### *Tinnitusbelastung*

Tinnitus wird als eine Geräuschwahrnehmung ohne äußere Schallquelle definiert [78]. Als wesentliche Begleiterkrankung wurde Tinnitus bei CI-Kandidaten mit einer Prävalenz von 66 – 86% berichtet [79]. Neben der Schädigung des peripheren Hörorgans werden zentrale Mechanismen im Hörsystem für die Entstehung, Persistenz sowie Modulation beschrieben [79] und als Dysbalance zwischen inhibitorischen und exzitatorischen Reizen der peripheren und zentralen Ebene verstanden [78]. Vergleichbar mit neurobiologischen Erkenntnissen zur Depression beschreiben aktuelle Modellvorstellungen zum Tinnitus eine Assoziation zur Serotonin-Depletion und Dysfunktion des limbischen Systems [80].

Die derzeitige Tinnitus-Therapie stützt sich neben dem Ausgleich von Hörstörungen auf die validierte, Tinnitus-spezifische, kognitive Verhaltenstherapie [81], die ein gewisses Maß an Kommunikationsfähigkeit voraussetzt, was regelmäßig durch die CI-Versorgung ermöglicht wird [82]. Auf die Verbindung zwischen CI-Versorgung und Tinnitusreduktion wurde bereits seit Jahrzehnten hingewiesen [75, 83–86]. Aktuelle Daten zeigen positive Effekte der CI-Versorgung auf die Tinnitusbelastung zwischen 34 – 93% [79, 85]. Dabei wurde in 8 – 45% der Fälle eine komplette Suppression berichtet [87]. Gleichzeitig ist das Risiko einer Tinnitusinduktion durch Elektrodeninsertion im Rahmen des operativen Eingriffs mit 4% gering [79, 88]. Eine Intensivierung eines bestehenden Tinnitus durch Nutzung des Sprachprozessors wurde in 9% der Fälle berichtet [79].

Die Mechanismen der Tinnitusreduktion sind bisher nicht abschließend geklärt. Erklärungsansätze reichen von der Verbesserung der HRQoL [75] mit folglich



verminderter Tinnitusbelastung über die akustische Tinnitusmaskierung bis zur direkten elektrischen Stimulation des Hörnerven und der Reorganisation der zentralen Hörbahn infolge afferenter Signale [85, 89, 90]. Hervorzuheben ist, dass in bis zu 60% der Fälle eine Verbesserung des Tinnitus im zur CI-Versorgung kontralateralen Ohr berichtet wurde [89]. Dieses Mischbild verdeutlicht die Notwendigkeit eines multimodalen Ansatzes bei der Behandlung hochgradig Schwerhöriger mit genauer Kenntnis der Begleiterkrankungen und Symptome, um zum einen den therapeutischen Effekt der CI-Versorgung hinsichtlich der Hörrehabilitation nicht zu schmälern und andererseits das therapeutische Potenzial durch supportive Maßnahmen mit Auswirkung auf Komorbiditäten auszuschöpfen [47].

## **1.6 Methodische Beurteilung der Cochlea-Implantat-Kandidaten**

### *Sprachverständnis in Ruhe: Freiburger Einsilbertest (FMT)*

Für die Beurteilung des Sprachverständnisses in Ruhe wurde der standardisierte Freiburger Einsilbertest (FMT) in Ruhe bei 65 dB SPL (sound pressure level) eingesetzt. In einer Auswahl aus 20 Gruppen (Wortreihen) mit jeweils 20 einsilbigen Wörtern kann ein Sprachverständnis zwischen 0 und 100% erreicht werden. Der Messwert ist positiv mit dem Verständnis korreliert, wobei ein hörgesunder Erwachsener 100% erreicht. Im präoperativen Assessment wurde die Sprachaudiometrie mit individuell und bestmöglich angepassten konventionellen Hörgeräten durchgeführt, während postoperativ der CI-Sprachprozessor zur Anwendung kam [20, 91].

### *Sprachverständnis im Störgeräusch: Oldenburger Satztest (OLSA)*

Die Beurteilung des Sprachverständnisses im Störschall mit standardisiertem, breitbandigem „Oldenburger Rauschen“ erfolgte bei an Taubheit grenzend Schwerhörigen postoperativ mit CI-Sprachprozessor im  $S_0N_0$  Aufbau, um eine Alltagsannäherung der Hörsituation in der Rehabilitation abzubilden [23]. Im OLSA werden 20 Sätze pro Liste mit zufälligem Muster in einem festem Schema aus „Name“, „Verb“, „Zahlwort“, „Adjektiv“ und „Objekt“ dargeboten. Bei konstantem Störschallpegel von 65 dB SPL wurde das Signal-Rausch-Verhältnis (S/N) auf 50% richtig verstandener Wörter adaptiert und die individuelle Sprachverständlichkeitsschwelle (SVS) aus der Differenz von Stör- und Nutzschall ermittelt [92]. Dabei beträgt der Referenzwert eines Hörgesunden nach Wagener et al. [92]  $7.1 \pm 1.1$  dB S/N (65 dB SPL), wobei niedrige Werte ein besseres Sprachverständnis definieren.

### *Selbsteinschätzung des Hörvermögens: Oldenburger Inventar (OI)*

Das OI umfasst drei Skalen sowie einen mittleren Summenwert zu alltäglichen Hörsituationen:

- Hören in Ruhe
- Hören im Störschall
- Richtungshören

Insgesamt zwölf geschlossene Fragen werden mit jeweils 1 bis 5 Punkten vom Patienten beantwortet. Die Summation der Antwortpunkte ergibt bei zunehmendem Punktwert ein steigendes subjektives Hörempfinden.

*Gesundheitsbezogene Lebensqualität:*

*Nijmegen Cochlear Implant Questionnaire (NCIQ)*

Der NCIQ ist ein validiertes Fragebogeninventar zur Evaluation der HRQoL von CI-Kandidaten mit sechs Subdomänen:

1. Elementare Schallwahrnehmung
2. Sprach- und Musikwahrnehmung
3. Kontrolle der eigenen Stimmqualität
4. Psychosoziale Folgen
5. Aktivitätsverhalten
6. Soziale Kontakte

Jeder Subdomäne sind 10 Fragen mit jeweils fünf Antwortmöglichkeiten von „nie“ oder „nein“ bis „immer“ oder „sehr gut“ zugeordnet. Rechnerisch leiten sich daraus drei Lebensqualität-Skalen sowie ein Gesamtpunktwert mit einer Spannweite von 0 bis 100 Punkten ab, wobei ein höherer Punktwert eine höhere HRQoL ausweist:

- Physische Gesundheit
- Psychische Gesundheit
- Soziale Aktivität

*Depressivität: Allgemeinen Depressionsskala – Langversion (ADS-L)*

Die Beeinträchtigung durch depressive Symptome wird im ADS-L nach Selbsteinschätzung der Patienten mit Beantwortung von 20 Fragen zur affektiven Situation der letzten Wochen abgebildet. Als kritischer Wert wurde mehr als 23 Punkte vorbeschrieben. Der ADS-L-Fragebogen ist für die Anwendung im Rahmen klinischer Fragestellungen sowie für die Evaluation von Therapieeffekten als Screeninginstrument validiert und weist eine interne Konsistenz (Cronbach  $\alpha$ ) zwischen 0,89 und 0,92 auf [93].

### *Ängstlichkeit: General Anxiety Disorder-7 (GAD-7)*

Um die generelle Ängstlichkeit eines Patienten abschätzen zu können, ermöglicht der GAD-7 eine Selbstbewertung des Schweregrades assoziierter phobischer Symptome. Das numerische Messinstrument mit einer vierstufigen Skala des Summenwertes weist eine interne Konsistenz im Cronbach  $\alpha$  von 0,89 auf. Normwerte wurden von Löwe et al. [94] mit  $2,7 \pm 3,2$  Punkten für Frauen und  $3,2 \pm 3,5$  Punkten für Männer beschrieben.

### *Stresslevel: Perceived Stress Questionnaire (PSQ)*

Das individuelle Stresslevel wurde in der vorliegenden Arbeit über den PSQ abgefragt, wobei die emotionale Antwort auf Stressoren mit den vier Skalen „Sorgen“, „Anspannung“, „Freude“ und „Anforderungen“ abgebildet wurde. Das ursprünglich von Levenstein et al. [95] eingeführte Instrument validierten Fliege et al. [96] für die deutschsprachige Anwendung. Als kritischer Wert der 30 Fragen wurde  $0,45 \pm 0,15$  [97] berechnet, wobei  $0,33 \pm 0,17$  [96] als Referenzwert eines gesunden Erwachsenen heranzuziehen ist. Die interne Konsistenz des Summenwertes liegt bei einem Cronbach  $\alpha$  von 0,85 mit einer Split-half-Reliabilität von 0,88 [96].

### *Tinnitusbelastung: Tinnitusfragebogen nach Göbel und Hiller (TQ)*

In der Diagnostik der Belastung durch den Tinnitus dient die Einbeziehung der Wahrnehmung audiologischer und emotionaler Faktoren sowohl der Ursachenfindung als auch der Evaluation psychischer Komorbiditäten [98, 99]. Unter den im deutschsprachigen Raum existierenden Bewertungsinstrumenten der Tinnitusbelastung fand der TQ [100] weite Verbreitung. Aus den 52 abgefragten Items werden sechs Subdomänen errechnet:

- Emotionale Belastung
- Kognitive Belastung
- Psychische Belastung
- Penetranz des Tinnitus
- Hörprobleme
- Schlafstörungen
- Somatische Beschwerden

Der abzuleitende Summenwert mit einer Spannweite von 0 bis 84 Punkten und einem Cut-off-Wert von  $\leq 46$  Punkten erlaubt die Stratifizierung der Belastung in kompensierten und dekompenzierten Tinnitus. Die Test-Retest-Reliabilität wird für den Summenwert mit 0,94 und für die Subdomänen zwischen 0,86 und 0,92 angegeben, der Cronbach  $\alpha$  mit 0,94 resp. zwischen 0,74 und 0,92 beziffert [101].

### *Bildmorphologische, strukturelle Hirnschädigung: Fazekas Score*

Auf der Grundlage eines kraniellen MRT mit einem für neurodegenerative Schädigungen sensiblen Untersuchungsprotokoll sind T2-hyperintense strukturelle Hirnschädigungen der weißen Substanz klassifiziert. Die Einteilung der leukenzephalopathischen Herdbefunde wurden nach Schweregrad und Lokalisation beschrieben [102]:

- Periventrikuläre Läsionen der weißen Substanz (PVWM)
  - 0 Absent
  - 1 "Kappen" oder stift dünne Linien
  - 2 Glatter "Halo"
  - 3 Irreguläres periventrikuläres Signal mit Ausbreitung bis in die tiefe weiße Substanz
- Läsionen der tiefen weißen Substanz (DWM)
  - 0 Absent
  - 1 Punktförmige Foci
  - 2 Beginnende Konfluenz
  - 3 Große konfluierende Areale

*Kognitive Leistungsfähigkeit:*

*Wechsler Intelligenztest für Erwachsene 4. Ed. (WAIS-IV)*

Der WAIS-IV (Hogrefe Verlag GmbH & Co. KG, Göttingen, BRD) ist ein international etabliertes, standardisiertes und validiertes Instrument zur alterskorrelierten Messung kognitiver Fähigkeiten. Durch ein strukturiertes Interview erfasst der WAIS-IV krankheitsunabhängig einen Gesamt-IQ sowie vier IQ-Indexwerte:

- *Indexwerte der kristallinen Intelligenz*
  - Sprachverständnis
  - Wahrnehmungsgebundenes logisches Denken
- *Indexwerte der fluiden Intelligenz*
  - Arbeitsgedächtnis
  - Verarbeitungsgeschwindigkeit

Individuelle Indexwerte errechnen sich aus den Ergebnissen zugehöriger Untertests mit jeweils assoziierten Aufgaben. Nach Alterstransformation der Messwerte folgt eine Normierung mit Gaußscher Normverteilung und einem Mittelwert von 100 Punkten mit einer Standardabweichung von 15 Punkten. Dies ermöglicht altersübergreifend den Vergleich des Intelligenzniveaus, was mit

Abweichungen nach oben resp. unten ein über- resp. unterdurchschnittliches Intelligenzniveau beschreibt. Die Anwendung beim Hörgeschädigten ist erlaubt und unter Einhaltung des Testablaufes mit standardisierten Bedingungen und Nutzung bestangepasster persönlicher Hörhilfen möglich. Dabei vermeiden Untersuchungsintervalle von 12 Monaten relevante Lerneffekte [103]. Aufgrund der Beziehung zum Hörvermögen fokussiert sich die vorliegende Arbeit auf die fluide Intelligenz mit den Anteilen Verarbeitungsgeschwindigkeit (PSI) und Arbeitsgedächtnis (WMI), deren interne Konsistenz mit einem Reliabilitäts-Koeffizienten  $\alpha$  von 0,90 (PSI) und 0,94 (WMI) beschrieben ist [41, 104].

## 1.7 Zielstellungen und Hypothesen

Die Auswirkungen der Rehabilitation der sensorischen Innenohrfunktion erstrecken sich über die reine Hörrehabilitation hinaus in wesentliche Bereiche der physischen und psychischen Gesundheit. Somit ist die Hörrehabilitation nicht allein Mittel zum Erhalt der Kommunikationsfähigkeit des Alternden, sondern Stellgröße in der Vielschichtigkeit des gesunden Alterns des Individuums, deren Evaluation zugleich Zielstellungen der vorliegenden Arbeit war:

- Ältere und sehr alte Patienten profitieren in Bezug auf die HRQoL und psychische Komorbiditäten vergleichbar von der Hörrehabilitation mit einem CI.
- Der psychologische Gesundheitszustand Älterer beeinflusst die HRQoL nach CI-Versorgung.
- Bei beidseitiger Ertaubung führt die CI-Versorgung zu einer quantitativen Reduktion der Tinnitusbelastung.
- Bildmorphologische Veränderungen der weißen Hirnsubstanz Hörgeschädigter beeinflussen das audiologische Outcome nach CI-Versorgung.
- Die CI-Versorgung nimmt positiven Einfluss auf die kognitiven Indices Arbeitsgedächtnis und Verarbeitungsgeschwindigkeit.



## **2 Eigene Arbeiten**

Mit zunehmender Prävalenz von Schwerhörigkeit, ausgelöst durch den demographischen Wandel dieser Zeit, gewinnt die Hörrehabilitation zunehmend an Bedeutung [105]. Das vergleichbar gute hörrehabilitative Outcome Jüngerer und Älterer folgt der routinierten CI-Versorgung bei erworbener postlingual an Taubheit grenzender Schwerhörigkeit, wobei die CI-Versorgung als standardisierte und komplikationsarme Prozedur etabliert ist [106]. Der Versorgungserfolg hinsichtlich der audiologischen Kompetenzen gilt heute als unumstritten [22]. Dennoch sind trotz zunehmender Anzahl von Studien die Auswirkungen von Hörstörungen und deren Rehabilitation auf das Individuum und die Gesellschaft nicht abschließend geklärt. In der jüngeren Vergangenheit hat sich der positive Effekt der positive Effekt der CI auf die HRQoL herausgestellt [49, 54, 107]. Die Diskussion zu welchem Zeitpunkt der Rehabilitation der größte Zugewinn an HRQoL und Sprachverstehen zu verzeichnen ist, wird fortwährend geführt [108, 109]. Es zeichnen sich dabei altersabhängige Unterschiede ab, die wiederum Auswirkungen auf Begleitfaktoren wie die Aktivitäten des täglichen Lebens, soziale Isolation und affektive Störungen sowie die Tinnitusbelastung haben [75, 110, 111].

### **2.1 “Impact of cochlear implantation on quality of life and mental comorbidity in patients aged 80 years”**

Das Ziel der vorliegenden prospektiven Studie war die Untersuchung der spezifischen psychischen Begleitsymptome und Tinnitusbelastung auf der Grundlage des Sprachverständnisses in einer Gruppe aus 17 über 80-Jährigen ( $82.9 \pm 2.7$  Jahre), beidseits an Taubheit grenzend schwerhöriger CI-Kandidaten. Unter Anwendung des standardisierten und validierten Fragebogeninventars wurden die Teilnehmer präoperativ und postoperativ sechs Monate nach Erstanpassung untersucht. Das gesamte Assessment setzt sich aus dem FMT bei 65 dB SPL [91], dem OLSA bei 65 dB SPL [23] und dem OI [112] für die audiologischen Kompetenzen zusammen. Die psychometrische Ebene bildeten

der NCIQ [52], der PSQ-30 [96], die ADS-L [93], der GAD-7 [94] sowie der TQ nach Göbel und Hiller [100] ab.

Nach einseitiger CI-Versorgung zeigten sich signifikante Verbesserungen ( $p < 0,05$ ) des Sprachverständnisses in Ruhe (FMT) sowie des subjektiven Hörempfindens (OI). Ebenso wurden postoperativ die Tinnitusbelastung (TQ) sowie die HRQoL (NCIQ) signifikant ( $p < 0,05$ ) besser als präoperativ bewertet. Das Stressempfinden (PSQ), die generelle Ängstlichkeit (GAD-7) und die Depressivität (ADS-L) der über 80-Jährigen waren bereits präoperativ normwertig und blieben nach der CI-Versorgung stabil niedrig ( $p > 0,05$ ). Somit zeigte die Arbeit in einer Population sehr alter CI-Kandidaten nicht nur die audiologischen Möglichkeiten der CI-Versorgung auf, sondern unterstreicht daneben das bereits bei jüngeren Patienten beobachtete Potenzial des positiven Einflusses auf die HRQoL, die im Kontext mit der verbesserten Kommunikationsfähigkeit zu einer Verminderung der sozialen Isolation und Vereinsamung älterer Menschen beitragen kann.

Quelle:

**Knopke S**, Gräbel S, Förster-Ruhrmann U, Mazurek B, Szczepek AJ, Olze H. Impact of cochlear implantation on quality of life and mental comorbidity in patients aged 80 years. *Laryngoscope*. 2016 Dec;126(12):2811-2816. <https://doi.org/10.1002/lary.25993> [113]

Die auditorische Funktion nach der CI-Versorgung wurde über viele Jahre mit einem wachsenden audiologischen Assessment evaluiert. Durch zunehmende Kenntnisse der Auswirkungen einschränkender Hörstörungen wurde die HRQoL als psychometrischer Marker zur Messung des Versorgungserfolgs implementiert [114]. Die mit der HRQoL assoziierten psychologischen Begleitfaktoren, wie bspw. Depressivität, Ängstlichkeit und Stressempfinden [115], werden als zusätzliche Risikofaktoren für die Entstehung kardiovaskulärer Erkrankungen gewertet [116].

## **2.2 „Age-Dependent Psychological Factors Influencing the Outcome of Cochlear Implantation in Elderly Patients”**

Für ein besseres Verständnis der Auswirkungen und Zusammenhänge von Hörverlust und Hörrehabilitation in der alternden Population fokussiert die vorliegende prospektive Studie 86 über 70-jährige CI-Kandidaten. Verglichen wurden die Gruppe der 70- bis 80-Jährigen (n=62; 73,3 ± 2,6 Jahre) und die Gruppe der über 80-Jährigen (n=24; 83,2 ± 2,9 Jahre) hinsichtlich der Hörfähigkeit (FMT; OI), HRQoL (NCIQ) und psychologischen Komorbiditäten (PSQ-30; ADS-L; GAD-7) mit einem Follow-up von 12 Monaten.

Beide Altersgruppen verbesserten sich im Sprachverständnis (FMT) hochsignifikant ( $p < 0,01$ ), verglichen zum präoperativen Ausgangswert, und blieben über zwölf Monate stabil, wobei sich kein signifikanter Altersgruppenunterschied fand ( $p > 0,05$ ). Gleichmaßen stieg das subjektive Hörempfinden (OI) nach sechs Monaten hochsignifikant ( $p < 0,01$ ) an. Hinsichtlich der HRQoL profitierten beide Altersgruppen nach sechs Monaten signifikant in allen Domänen ( $p < 0,05$ ) und ebenfalls ohne Altersgruppenunterschied. Nach zwölf Monaten fiel in beiden Gruppen vergleichbar die Domäne Sprachproduktion (NCIQ 3) auf den präoperativen Ausgangswert, während die Werte der übrigen Domänen (NCIQ 1, 2, 4, 5, 6, Total) gegenüber dem Ausgangswert konstant erhöht blieben ( $p < 0,05$ ). Die gemessenen psychologischen Komorbiditäten Depressivität, Ängstlichkeit und Stressbelastung waren in beiden Altersgruppen sowohl vor als auch nach der CI-

Versorgung auf niedrigem Niveau und unterhalb der kritischen Werte. Ein zu beobachtender Unterschied ergab sich in der Gruppe der über 80-Jährigen: Hier zeigte die Stressbelastung einen über den Erhebungszeitraum signifikanten Abfall ( $p < 0,05$ ) für die Domäne PSQ „Freude“. Die weitere statistische Analyse ergab eine negative Korrelation der HRQoL mit dem Depressivitätsindex sowie der Stressbelastung und der Ängstlichkeit. Weiterhin ergab die Berechnung im signifikanten ( $p < 0,05$ ) linearen Regressionsmodell die Stressbelastung (PSQ-30) als negativen sowie das subjektive Hörvermögen (OI) als positiven prädiktiven Wert der HRQoL beider Altersgruppen. Für die über 80-Jährigen konnte der Ängstlichkeit-Score (GAD-7) sechs sowie zwölf Monate nach CI-Versorgung als positiver Prädiktor ermittelt worden. Somit profitieren die über 80-Jährigen scheinbar von erhöhten Ängstlichkeitswerten im Hinblick auf das Outcome gemessen an der HRQoL.

Daraus folgend ergibt sich zusammenfassend eine Abhängigkeit der CI-Performance Älterer vom psychologischen Gesundheitszustand. Diese Seiteneffekte der CI-Versorgung erfordern gesonderte Beachtung. Sie verdeutlichen die enge Verzahnung zwischen Hörfähigkeit, HRQoL und psychologischer Gesundheit, was zur Verbesserung des Outcome nach CI-Versorgung durch Anwendung für ein altersangepasstes Counselling mit Fokus auf den individualisierten Gesundheitszustand der Patienten nützlich sein kann.

Quelle:

**Knopke S**, Häußler S, Gräbel S, Wetterauer D, Ketterer M, Flugger A, Szczepek AJ, Olze H. Age-Dependent Psychological Factors Influencing the Outcome of Cochlear Implantation in Elderly Patients. *Otol Neurotol.* 2019 Apr;40(4):e441-e453. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000002179> [117]

Der Ansatz hin zu einer altersangepassten Medizin wurde in den letzten Jahren auch im otologischen Kontext gesehen. Während zu Beginn der CI-Ära die Indikation zur CI-Versorgung einer ausgewählten Gruppe vorbehalten war, wurde mit Ausweitung der Indikationsgrenzen das Potenzial der Hörrehabilitation mit dieser „Innenohrprothese“ klar [118]. Die Frage, warum Patienten mit gleichen audiologischen Kriterien unterschiedlich von der CI-Versorgung profitieren, rückte in den Fokus. Neben der nicht abgeschlossenen Diskussion über die operative Technik [119–121] haben Begleiterkrankungen einen signifikanten Einfluss auf das rehabilitative Ergebnis [117]. So sind bspw. Depressivität und Stressbelastung mit Tinnitusbeschwerden vergesellschaftet [70].

### **2.3 “Cochlear Implantation of Bilaterally Deafened Patients with Tinnitus Induces Sustained Decrease of Tinnitus-Related Distress”**

Die vorliegende Studie verfolgte das Ziel, die Reduktion der Tinnitusbelastung in einer Kohorte mit Tinnitus belasteter CI-Kandidaten zu quantifizieren. Mit einem prospektiven, longitudinalen Design war die Evaluation von 41 ( $61,0 \pm 13,5$  Jahre) beidseits hochgradig Hörgeschädigten nach einseitiger CI in einem Follow-up von 24 Monaten erfolgt. Neben dem Tinnitus-Fragebogen nach Göbel und Hiller (TQ) [100] wurden die HRQoL (NCIQ) sowie die audiologische Performance (FMT; OI) ermittelt. Bereits sechs Monate nach Erstanpassung der CI fiel die Tinnitusbelastung ausgehend von präoperativ  $35,0 \pm 19,6$  Punkten auf  $27,5 \pm 20,0$  Punkte von einem mittleren auf ein leichtgradiges Niveau signifikant ( $p < 0,05$ ) ab und blieb über den gesamten Nachbeobachtungszeitraum von 24 Monaten stabil. Bei erwartungsgemäßer postoperativer Verbesserung der audiologischen Performance (FMT und OI;  $p < 0,05$ ) bestand zusätzlich die Verbesserung der HRQoL. Somit führt die CI-Versorgung nicht allein zu einer Verbesserung der Hörfähigkeit, sondern nimmt einen Stellenwert im Behandlungskonzept mit Tinnitus belasteter hochgradig Hörgeschädigter ein.

Quelle:

**Knopke S**, Szczepek AJ, Häußler SM, Gräbel S, Olze H. Cochlear Implantation of Bilaterally Deafened Patients with Tinnitus Induces Sustained Decrease of Tinnitus-Related Distress. *Front Neurol.* 2017 Apr 25;8:158. <https://doi.org/10.3389/fneur.2017.00158> [122]

Anknüpfend an die Erkenntnisse zu Auswirkungen auf psychologische Begleiterscheinungen sowie die Tinnitusbelastung von CI-Kandidaten stellt sich die Frage inwiefern das Rehabilitationsergebnis der CI-Versorgten vorhersagbar ist. Die Prüfung des reintonaudiometrischen Gehörs erlaubt nur eingeschränkt Rückschlüsse auf das Sprachverständnis, da das Sprachverständnis und -verstehen durch die Verarbeitung akustischer Primärinformationen kognitive Leistungsfähigkeit voraussetzt [123]. Lin et al. [124] beschrieben bereits als ausschlaggebendes Kriterium für das Sprachverständnis nach CI-Versorgung neben psychologischen und audiologischen Aspekten den Zusammenhang mit strukturellen Hirnschädigungen.

#### **2.4 „White Matter Lesions as Possible Predictors of Audiological Performance in Adults after Cochlear Implantation”**

Somit setzte sich die vorliegende prospektive Studie mit der Frage auseinander, ob strukturelle Hirnschädigungen, gemessen mit dem neuroradiologischen Fazekas Score, eine Vorhersage des hörrehabilitativen Outcomes von CI-Kandidaten ermöglichen. Dazu wurden 49 beidseits postlingual erworben, an Taubheit grenzend Schwerhörige ( $67,3 \pm 8,7$  Jahre) anhand des Alters in 50–70-Jährige ( $n=26$ ;  $61,1 \pm 6,4$  Jahre) und über 70-Jährige ( $n=23$ ;  $74,3 \pm 4,8$  Jahre) gruppiert und untersucht. Durch Nutzung des MR-morphologischen Bewertungsscores nach Fazekas [102] wurden durch einen erfahrenen Neuroradiologen periventrikuläre (PVWM) und tiefe Läsionen (DWM) der weißen Substanz im präoperativen MRT beschrieben. Der prädiktive Wert des Fazekas Scores bezüglich des Sprachverstehens post implantationem wurde anhand einer multiplen Regressionsanalyse mit Rückwärtselimination ermittelt. Die Berechnung zeigte in der Gruppe 50–70-Jähriger die PVWM zwei Jahre nach CI-Versorgung als Prädiktor für das Sprachverständnis in Ruhe (FMT). Der Anteil von 27,4% an der Varianz des Sprachverstehens wurde durch den Einfluss struktureller Hirnschädigungen (PVWM) bestimmt. Das Alter hatte in dieser Gruppe keinen Einfluss auf das postoperative Sprachverständnis, während in der Gruppe über 70-Jähriger eine signifikante Assoziation des Alters mit dem

Sprachverständnis im Störgeräusch (OLSA) bestand. Die Berücksichtigung struktureller Hirnschäden aufgrund eines reduzierten funktionellen Potenzials von CI-Kandidaten bei der Beratung der audiologischen Rehabilitation ist ein weiterer Bestandteil der individuellen Betrachtung hochgradig Hörgeschädigter.

Quelle:

**Knopke S**, Bauknecht H-C, Gräbel S, Häußler SM, Szczepek AJ, Olze H. White Matter Lesions as Possible Predictors of Audiological Performance in Adults after Cochlear Implantation. *Brain Sci.* 2021; 11, 600.  
<https://doi.org/10.3390/BRAINSCI11050600> [125]



Aktuelle Studien zeigen den Zusammenhang von mikrostrukturellen zentralneuronalen Veränderungen mit frühen Hörschädigungen [124, 126]. Auslöser ebendieser mikrostrukturellen hirnrorganischen Schädigungen liegen primär in der Vergangenheit und sind bereits im mittleren Lebensalter sichtbar. Zudem wurde der Zusammenhang zwischen Hörverlust und neurokognitiven Defiziten in mehreren Studien adressiert [127, 128]. Auslösend war die Erkenntnis, dass ältere Menschen stärkere Probleme mit dem Sprachverständnis, vor allem im Störgeräusch, bei vergleichsweise gutem reintonaudiometrischen Gehör haben [129]. Dennoch existiert nur geringes Wissen über die Effekte der audiologischen Rehabilitation durch CI-Versorgung im Hinblick auf die kognitive Leistungsfähigkeit älterer Hörgeschädigter.

## **2.5 “Improvement of Working Memory and Processing Speed in Patients over 70 with Bilateral Hearing Impairment Following Unilateral Cochlear Implantation”**

Die Evaluation der Veränderung der kognitiven Leistungsfähigkeit über 70-jähriger CI-Kandidaten war Ziel der vorliegenden Studie. 21 Patienten mit beidseitiger postlingual erworbener an Taubheit grenzender Schwerhörigkeit erhielten das Assessment präoperativ und 12 Monate nach der Erstanpassung der einseitigen CI-Versorgung. Bei bekanntem Zusammenhang der Hörschädigung mit den Indices der fluiden Intelligenz Verarbeitungsgeschwindigkeit (PSI) und Arbeitsgedächtnis (WMI), erfolgte die Erhebung derer mit der validierten deutschsprachigen Version des WAIS-IV. Im Nachbeobachtungsintervall von 12 Monaten ergab sich neben einer signifikanten Verbesserung ( $p < 0,05$ ) der audiologischen Kenngrößen (FMT; OLSA; OI) ein signifikanter Anstieg ( $p < 0,05$ ) der Untersuchungsergebnisse im PSI und WMI. Das Sprachverständnis (FMT; OLSA) und der Depressivitätsindex (ADS-L) waren nicht mit den Ergebnissen des WAIS-IV assoziiert ( $p > 0,05$ ). Somit ist zu resümieren, dass über 70-jährige CI-Kandidaten durch die einseitige Hörrehabilitation mit CI eine Verbesserung der kognitiven Leistungsfähigkeit in den Bereichen PSI und WMI der fluiden Intelligenz erfahren.

Quelle:

**Knopke S**, Schubert A, Häußler SM, Gräbel S, Szczepek AJ, Olze H. Improvement of Working Memory and Processing Speed in Patients over 70 with Bilateral Hearing Impairment Following Unilateral Cochlear Implantation. J Clin Med. 2021 Jul 31;10(15):3421. <https://doi.org/10.3390/jcm10153421> [130]

### 3            **Diskussion**

Die eingeschränkte Hörfähigkeit geht über die Unfähigkeit, Geräusche wahrzunehmen hinaus, denn die Hörfähigkeit ist Grundlage des Sprachverständnisses und -verstehens, deren Einschränkung Diagnostik und Therapie erforderlich machen. Somit kommt der CI-Versorgung durch den Erhalt der verbalen Kommunikation eine herauszuhebende Stellung zu. Die Wechselwirkung begleitender Effektgrößen mit dem audiologischen Ergebnis eröffnet die Möglichkeit, supportive Maßnahmen individuell abzustimmen oder die zu erwartende audiologische Leistung individuell besser zu beschreiben. Mit diesem Ziel wurden die dieser Arbeit zugrundeliegenden Veröffentlichungen erstellt, deren Ergebnisse unter besonderer Berücksichtigung der alternden Bevölkerung dargestellt wurden. Nachfolgende Kernaussagen lassen sich daraus ableiten:

- Sowohl über 70-jährige als auch über 80-jährige CI-Kandidaten profitieren hinsichtlich der audiologischen Kompetenzen signifikant von einer CI-Versorgung.
- Alte und sehr alte CI-Kandidaten weisen konstant niedrige psychometrische Messwerte für psychologische Komorbiditäten auf.
- Die HRQoL steigt nach CI-Versorgung in der älteren Bevölkerung vergleichbar mit jüngeren Populationen signifikant an.
- Die Tinnitusbelastung beeinflusst die HRQoL vor und nach CI-Versorgung signifikant.
- Durch die CI-Versorgung wird eine signifikante, quantitative Reduktion einer präexistenten Tinnitusbelastung erreicht.

- Signifikante Reduktionen des Stressempfindens, der Ängstlichkeit und der Depressivität korrelieren signifikant gegenläufig mit der HRQoL älterer CI-Versorgter.
- Strukturelle Hirnschädigungen (white matter lesions) sind negativ mit dem audiologischen Ergebnis der CI in der mittleren Altersgruppe assoziiert.
- Kognitive Fähigkeiten der fluiden Intelligenz werden durch die CI-Versorgung Älterer signifikant verbessert.

### *Hörrehabilitation der Alternden*

Trotz großer Anstrengungen zur Erforschung des Zusammenhanges von Hörschäden und dem Nutzen der Hörrehabilitation Älterer existieren unzureichende Daten zu Auswirkungen der unterschiedlichen Hörhilfen auf das Individuum. Grundlegend ist den Ergebnissen der HÖRSTAT-Prävalenzstudie [3] zu entnehmen, dass ab einem Alter von 60 Jahren der Anteil Schwerhöriger stark zunimmt. Ab dem 70. Lebensjahr wird das eigene Hörvermögen zunehmend überschätzt und die resultierenden Defizite unterschätzt [3]. Da eine verbale Kommunikation neben der eigenen akustischen Kontrolle des Gesprochenen ein Sprachverständnis voraussetzt, ergibt sich in der Konsequenz eine schleichende soziale Isolation und Vereinsamung [131]. Ältere hörgeschädigte Patienten berichten gehäuft von einem Abbruch der Kommunikation [132]. Diese soziale Facette des Hörvermögens bedarf besonderer Beachtung, Diagnostik und Rehabilitation.

Da gerade das Verständnis im Störgeräusch vielen Älteren Schwierigkeiten bereitet [133], ist der Einsatz spezifischer Satztests, wie bspw. dem OLSA [23], für die alltagsangenehme Abbildung des Hörvermögens nutzbar [24]. Dahingehend bietet die Testung des Sprachverständnisses in Ruhe mit dem FMT unter Anwendung einzelner Listen nur eine eingeschränkte Aussage bei der Anwendung am CI-Kandidaten. Sie erlaubt jedoch durch Testung der Diskriminationsfunktion eine Abschätzung des Sprachverständnisses bei an

Taubheit grenzender Schwerhörigkeit sowie in der Nachsorge nach Anpassung der individuellen Hörhilfe oder eines CI-Sprachprozessors [20, 24, 91]. Nach Holube und von Gablenz [3] sind gebräuchliche sprachaudiometrische Testmaterialien für die Anwendung am jungen Erwachsenen validiert. Beachtenswert ist dabei, dass nur etwa jeder Dritte ältere Normalhörende das vergleichbare Verständnisniveau eines normalhörenden Jüngeren erreicht. Dazu berichteten Müller et al. [134] für den FMT einen Abfall des Sprachverständnisses von 9% verglichen zwischen den Populationen unter 50-Jähriger und über 70-Jähriger.

Die Ermangelung international einheitlicher, mehrsprachig validierter Testmaterialien unterschiedlicher Altersgruppen gepaart mit unterschiedlichen Indikationskriterien zur CI-Versorgung der verschiedenen Länder verschärft zusätzlich die Schwierigkeit des Ergebnisvergleichs audiologischer Rehabilitationsdaten, was zugleich als Limitation der vorliegenden Arbeit zu werten ist. Zwar bietet die WHO-Klassifikation [2] von Schwerhörigkeiten ein grobes Klassifikationsraster nach Schweregrad, erlaubt aufgrund des Bezuges zur Reintonaudiometrie aber nicht die Korrelation mit dem für die Hörrehabilitation wichtigen Sprachverständnis [18, 19, 134]. Somit ergibt sich, dass das numerische Alter als verlässlicher Parameter für die Bewertung von Ausgangskriterien und therapeutischen Effekten herangezogen wird. Dies erlaubt die Evaluation der CI-Versorgung anhand definierter Alterscluster, mündet jedoch in der Auswertung vergleichsweise kleiner Kohorten.

### *Numerisches Alter*

Die suffiziente alterskorrelierte Analyse der Rehabilitationsergebnisse von CI-Kandidaten als Basis einer angepassten medizinischen Rehabilitation setzt die Auswahl des geeigneten Testmaterials voraus. So berichteten Moberly et al. über eine grundsätzlich schlechtere Performance hinsichtlich des Sprachverständnisses nach CI-Versorgung [27] in Abhängigkeit vom numerischen Alter, wohingegen Völter et al. [135] in Übereinstimmung mit dieser Arbeit und weiteren [136] keinen signifikanten Unterschied des

sprachrehabilitativen Outcomes nach CI-Versorgung für eine Population des mittleren und höheren Alters sahen. Heinrich et al. [137] unterstrichen die unterschiedlichen Anforderungen audiologischer Testverfahren an perzeptive und kognitive Aspekte.

Den benannten Ausführungen von Holube und von Gablenz [3] folgend, bedarf somit die Diskussion und der Vergleich audiologischer Ergebnisse neben der altersangepassten Validierung ebenso die Rückkopplung zur abgefragten kognitiven Anforderung sowie den Eingangskriterien der Studienpopulation. Es lässt sich ableiten, dass Alter allein grundsätzlich nicht als singulärer, negativer Prognosefaktor oder Vorhersagewert einer schlechten Performance zu werten ist, sondern vielmehr die altersbegleitenden Umstände in die Ausführungen einzubeziehen sind [138], was im Rahmen dieser Arbeit erfolgte.

Hörverlust wurde als wesentlicher Parameter der Multimorbidität des Alternden beschrieben, wobei Hörverlust gehäuft koexistent mit weiteren chronischen gesundheitlichen Einschränkungen in Erscheinung tritt und die Hörstörungen selbst diese potenziell verschärfen [139]. Als wesentliche Kofaktoren werden apoplektischer Insult (zentrale Hirnischämie), Tumorleiden, Sehstörungen, Mobilitätsverlust, kognitive Einschränkungen, Diabetes mellitus, kardiovaskuläre Risikofaktoren sowie psychosoziale Dysfunktionen benannt [140]. Berichten von Lin et al. [141] zufolge steigt die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer Demenz mit zunehmendem Hörverlust im Reintonaudiogram. Dieser Literaturdiskussion folgend konnte ebenso die Ursache-Wirkungsbeziehung zwischen dem Hörverlust, Sehstörungen, kognitiven Einschränkungen und psychosozialer Komorbiditäten bisher nicht abschließend geklärt werden [142–144]. Die Wechselwirkung zwischen physiologischen Alterungsprozessen und deren pathologischen Folgeerscheinungen führt zu einer verminderten Resistenz gegenüber äußeren Stressoren [145, 146]. Daraus resultiert eine bessere Orientierung des Rehabilitationsergebnisses am biologischen Alter des Einzelnen als am numerischen Alter, was im otologischen Kontext bisher wenig Berücksichtigung fand [138]. Diese Annahme stützen Fallberichte wie von Goycoolea et al. [38], in dem eine erfolgreiche CI-Versorgung einer 98 Jahre und 9 Monate alten Patientin beschrieben wurden. Die Autoren resümieren, dass mit dem an das biologische Alter angepassten Auswahl- und Anästhesieverfahren

das numerische Alter keinen Ausschluss für ein CI erklärt, sondern die Auswahl des geeigneten CI-Kandidaten vielmehr von der Tauglichkeit zur Rehabilitation abhängt und durch psychologische Begleiterkrankungen determiniert wird, die wiederum direkte Auswirkungen auf die Aktivitäten des täglichen Lebens sowie die HRQoL und somit den Erhalt der Eigenständigkeit des alternden Menschen haben [147].

### *Wechselwirkung der mentalen und kognitiven Gesundheit*

Die vorliegenden Untersuchungen zur HRQoL gemessen mit dem NCIQ zeigen für eine Population über 70-Jähriger sowie über 80-Jähriger signifikante Verbesserungen aller gemessenen Dimensionen. Unterschiede der Alterscluster waren über einen Nachbeobachtungszeitraum von mindestens 12 Monaten nicht vorhanden. Zudem fanden sich die Reduktion der psychischen Komorbiditäten gepaart mit einer Reduktion der Tinnitusbelastung nach CI. Aus hoher Tinnitusbelastung resultieren höhere Messwerte der Stressbelastung, Ängstlichkeit und Depressivität. Diese korrelieren wiederum invers mit der HRQoL. Im Vergleich zu altersjüngeren Vergleichspopulationen [75] fanden sich für die älteren Populationen vor und nach CI-Versorgung vergleichsweise niedrige Werte der Stressbelastung, Ängstlichkeit und Depressivität, ohne signifikante Reduktionen im Nachbeobachtungszeitraum. Zudem war die HRQoL gegenläufig mit der Tinnitusbelastung korreliert, sodass ein besserer Lebensqualitätsindex infolge reduzierter Tinnitusbelastung nach CI-Versorgung resultierte.

Der Fundus wissenschaftlicher Arbeiten zur HRQoL und assoziierter Komorbiditäten wuchs in den vergangenen Jahren stetig an, so auch die Anzahl auf Altersgruppen fokussierter Arbeiten. In der vergleichenden Analyse zweier Altersgruppen 50 bis 64-Jähriger und über 65-Jähriger berichteten Völter et al. [135] keine signifikanten Unterschiede der HRQoL vor und nach CI-Versorgung. Analog zu den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit sahen Völter et al. ebenfalls keine Korrelation der HRQoL Älterer mit dem Sprachverstehen in Ruhe sowie im

Störgeräusch. Moberly et al. [148] berichteten ebenfalls keine Beziehung des Sprachverständnisses in Ruhe und im Störgeräusch mit der HRQoL in einer altersübergreifenden Kohorte Erwachsener, beschrieben jedoch den signifikanten Zusammenhang des NCIQ mit dem Patientenalter durch milde inverse Korrelation in den Domänen „Sprach- und Musikwahrnehmung“ ( $r = -0,57$ ) und „Stimmqualität“ ( $r = -0,45$ ).

Diese Ergebnisse stehen in Kontrast zu den Erkenntnissen von Francis et al. [57], die eine Abhängigkeit der HRQoL Hörgeschädigter vom Grad der Hörverbesserung sahen. Gleichzeitig demonstrieren diese Erkenntnisse die Kontroverse der Evaluation der HRQoL im Rahmen der Hörrehabilitation [149]. In einer neueren Analyse berichten Vasil et al. [150] trotz der krankheitsspezifischen Entwicklung des NCIQ [52] von einer unzureichenden Korrelation der Subdomänen und zugrundeliegender Fragen mit einsilbigen Sprachverständnistests. Die Autoren schlussfolgern die Notwendigkeit der Entwicklung neuerer objektiver Messverfahren zur realitätsnäheren Abbildung der Patienteneinschränkungen [150]. Bei der Vorstellung eines eigenen Fragebogens kommen Ambert-Dahan et al. [151] zu ähnlichen Erkenntnissen, nämlich dass der NCIQ die Aktivitäten des täglichen Lebens in unzureichendem Maß abbilde. Anknüpfend in die bereits oben genannten Ausführungen zur Eignung von Sprachtest im älteren Patientenkollektiv bleibt somit die Frage nach der Eignung altersübergreifender Lebensqualitätsindices offen.

In diesem Kontext berichteten Polku et al. [152] aus einer Kohorte 76- bis 91-Jähriger eine bessere Korrelation des selbsteingeschätzten Hörvermögens mit der HRQoL als mit dem Audiometer-basierten dokumentierten Hörvermögen. Ebenso berichteten Häußler et al. [153] von einer signifikant stärkeren Korrelation des Oldenburger Inventars (OI) mit der HRQoL im NCIQ gegenüber dem Sprachverstehen in Ruhe aus einer altersübergreifenden Kohorte. Die Regressionsanalyse der zugrundeliegenden Arbeit zeigte die Domäne „Hören in Ruhe“ und „Hören im Störgeräusch“ des OI für die ältere Population oberhalb von 70 Jahren als Prädiktor einer besseren HRQoL [117], wobei der OI in den eigenen Arbeiten postoperativ ebenfalls signifikant verbessert war. Vor dem Hintergrund der bereits berichteten Überschätzung des eigenen Hörvermögens



Älterer im Vergleich zum tatsächlichen Sprachverständnis [3] liegt das Augenmerk wiederholt auf der multidimensionalen Erfassung der Einschränkungen der CI-Kandidaten unter Einbeziehung audiologischer Kriterien, Selbsteinschätzung der Hörfähigkeit sowie der HRQoL, da die eindimensionale Betrachtung zu einer Fehlinterpretation führen könnte. Neben der unzureichenden audiologischen Rehabilitation als primärer Endpunkt der CI-Versorgung resultiert eine fehlende Beachtung von Komorbiditäten, was nicht nur im geriatrischen Kontext bedeutungsvoll ist. Denn unter verschiedenen Autoren besteht literaturbeschriebene Einigkeit, dass im Kontext der Hörverbesserung die CI-Versorgung zu einer Verbesserung der Aktivitäten des täglichen Lebens, der HRQoL sowie des Erhalts der Eigenständigkeit des alternden Menschen beiträgt [147, 154, 155].

Ellis et al. [131] berichteten bei ebendiesem Verlust der Fähigkeit zur sozialen Teilhabe in einem aktuellen Review die Prävalenz sozialer Isolation bei über 65-Jährigen mit bis zu 24% [156]. Soziale Isolation ist definiert als ein objektiver Verlust sozialer Kontakte und Interaktionen innerhalb des sozialen Gefüges. Der Begriff Vereinsamung beschreibt in diesem Zusammenhang das subjektive Empfinden des Verlusts sozialer Kontakte resp. den unerfüllten Beziehungswunsch [157]. Somit erfasst Vereinsamung die emotionale Komponente der Isolation als Bindeglied des multifaktoriellen Erklärungsansatzes des Zusammenhangs zwischen psychosozialer Dysfunktion, HRQoL und Hörverlust [158, 159]. In den eigenen Arbeiten konnte die hochsignifikante Verbesserung der Skala „soziale Aktivität“ des NCIQ im Zusammenhang mit der CI-Versorgung über 70-Jähriger und über 80-Jähriger gezeigt werden und bestätigt in Anlehnung an das Vorbeschriebene den Zusammenhang mit der verbesserten sozialen Teilhabe infolge der CI-Versorgung Älterer. Aufgrund unzureichender Evidenzlage kann die Ursache-Wirkungs-Beziehung zwischen Hörverlust, psychosozialen Komorbiditäten und sozialer Isolation resp. Vereinsamung nicht geklärt werden. Die Verbesserung der Hörfähigkeit geht sowohl mit einer Verbesserung psychosozialer Komorbiditäten als auch mit reduzierter Vereinsamung einher, deren Ausmaß an Wechselwirkungen derzeit nicht zu beziffern ist [160].

Bei insgesamt niedrigen Messwerten der Depressivität im eigenen Patientenkollektiv, bestand in der vorliegenden Arbeit kein signifikanter Zusammenhang mit der NCIQ Skala „soziale Aktivität“ und Depressivität im ADS-L, was von weiteren Autoren [161] vergleichbar berichtet worden war.

Poissant et al. [162] erörtern eine vergleichende Analyse über 70-jähriger CI-Träger und Hörgeräteträger. Infolge einer Reduktion depressiver Symptome nach CI-Versorgung war im Follow-up ein besseres Outcome hinsichtlich der Depressivität gegenüber altersgleichen Hörgeräteträgern dokumentiert worden. Tambs [163] beschreiben aus einer norwegischen Studie mit 50.398 Teilnehmern eine Assoziation der mentalen Gesundheit mit Hörverlusten, wobei diese vor allem für die unter 65-Jährigen vorlagen und Ältere infolge von Hörverlusten weniger starke Einschränkungen der mentalen Gesundheit hatten. Im Allgemeinen scheint die Assoziation hoher depressiver Symptome und eingeschränkter HRQoL Jüngerer mit einer Reduktion affektiver Dysfunktionen für ältere CI-Träger nicht in gleichem Maß nachweisbar zu sein [135]. Inwiefern ein Zusammenhang zwischen den Einschränkungen der Aktivitäten des täglichen Lebens in Bezug auf Hörstörungen Jüngerer im Vergleich zu Älteren als Erklärungsmodell dient, wobei für Ältere eine bessere Akzeptanz schlechten Hörens als Bestandteil des Alterungsprozesses postuliert wurde, bleibt bisher unzureichend geklärt [64]. Brüggemann et al. [47] resümieren eine generell hohe Belastung von CI-Kandidaten durch psychosoziale Komorbiditäten wie Ängstlichkeit, Depressivität sowie Stressempfinden und sehen neben der Korrelation mit der audiologischen Performance eine Abhängigkeit der psychosozialen Komorbiditäten von der Tinnitusbelastung.

Neben ebendieser Assoziation wurde der grundlegende positive Zusammenhang der Hörrehabilitation mit der Tinnitusbelastung häufig beschrieben [68, 82, 168–171, 85–87, 89, 164–167]. Im Kontext der kognitiven Funktion existieren Belege für den neuroanatomischen Verfall zentraler Geräusch-reduzierender Assoziationsbahnen sowie inhibitorischer Schutzmechanismen, was zu einer Bewusstseinssteigerung des Tinnitus beiträgt [172]. Die Mechanismen führen zu einer inversen Beziehung zwischen fallender kognitiver Leistungsfähigkeit und steigender Tinnituswahrnehmung. Andersson und McKenna [173] berichten aus

einem Review mit 11 Studien sowie Mohamad et al. [174] aus einem Review mit neun Studien über den Einfluss des Tinnitus auf die kognitive Funktion. Die Autoren konkludieren einen generellen negativen Einfluss des Tinnitus auf Aspekte des Arbeitsgedächtnisses und der Verarbeitungsgeschwindigkeit bei einer generalisiert verminderten Aufmerksamkeitsspanne Betroffener.

Neben der bekannten starken Assoziation von Hörverlust und Tinnitusbeschwerden sowie dem Wissen um den Einfluss des Hörverlustes auf die kognitive Funktion und der Tinnitusbeschwerden auf die kognitive Funktion, existiert keine evidente Datenlage zum Einfluss der Hörrehabilitation auf die Verbindung aus Tinnitusbelastung und kognitiver Funktion. Insbesondere fehlen Studien zur Thematik mit Hinwendung zu alternden CI-Kandidaten.

Der Zusammenhang zwischen der kognitiven Funktion und Hörverlust ist bereits seit 1989 durch Uhlmann et al. [175] beschrieben. Dennoch gewann die Forschung mit Fokus auf die otogeriatriische Population erst in der jüngeren Vergangenheit als Teil des Verständnisses von Alterungsprozessen Beachtung [176, 177]. Kognition umfasst verschiedene Prozesse und Verhaltensstrukturen, welche durch die Aufnahme, Verarbeitung und Speicherung von Informationen gekennzeichnet sind. Wahrnehmung, Aufmerksamkeit, Gedächtnis, Problemlösung, Denken, Sprache und Intelligenz zählen zu den wesentlichen Kenngrößen, deren Störungen im Begriff der Demenz resp. des demenziellen Syndroms subsumiert werden [178]. Die Auswirkungen von Hörverlusten werden für die Entstehung eines demenziellen Syndroms für einen milden Hörverlust (25 - 40 dB HL) mit einer Verdopplung des Risikos und für einen hochgradigen Hörverlust (>70 dB HL) mit einem fünffachen Risiko angegeben [141]. Des Weiteren zählen Einschränkungen des Hörvermögens zu den häufigsten, vermeidbaren Ursachen für die Entstehung einer Demenz, wobei überwiegend Ältere, jedoch nicht exklusiv, betroffen sind [45]. In der Folge neurodegenerativer Prozesse basierend auf Schwerhörigkeit werden sensorische und wahrnehmungsgebundene Einschränkungen verstärkt [128, 179]. Ferner bindet die Verarbeitung unvollständiger phonologischer Informationen große Teile der kognitiven Aufmerksamkeit [34]. Die Kompensation derer ist variabel und individuell verschieden. Ebendiese

Einschränkung zu kompensieren wird durch das Arbeitsgedächtnis sowie die zeitabhängige Umsetzung der Prozesse determiniert [124]. Erste Berichte zur Auswirkung des CI auf die kognitive Leistungsfähigkeit gehen zurück auf die Anfänge der CI-Ära. Vega [180] und Crary et al. [181] berichteten nach Testung von damals mit gebräuchlichen, einkanaligen CI-Elektroden versorgten Patienten über eine positive Veränderung der kognitiven Leistung in Vorstufen des Wechsler Intelligenztestes. Mit Einführung der heute gebräuchlichen Multikanal-Elektroden-Array-Implantate und aktueller Software-basierter, situationsangepasster Kodierungsstrategien im Sprachprozessor trug der technische Fortschritt der vergangenen Jahre zu einer signifikanten Verbesserung des Sprachverständnisses und konsekutiv reduzierten Vergleichbarkeit älterer mit jüngeren Daten.

Aktuelle Studien von Mosnier et al. [182] zeigten anhand einer umfassenden psychometrischen Batterie aus Mini-Mental-State-Examination, Uhrentest, Trail Making Test, d2-Test und Five-word-test im Rahmen einer multizentrischen Studie signifikante Verbesserungen kognitiver Parameter sechs und zwölf Monate nach CI. Völter et al. [183] berichteten eine signifikante Verbesserung des Arbeitsgedächtnisses bei unveränderter Verarbeitungsgeschwindigkeit in einer Kohorte von 20 über 65 Jahre alten CI-Kandidaten. In einer Follow-up-Studie beschreiben Völter et al. [135] signifikante Verbesserungen sowohl des Arbeitsgedächtnisses als auch der Verarbeitungsgeschwindigkeit mit stärkerer Effektausprägung bei Älteren im Vergleich zu einer Population mittleren Alters (50-64 Jahre). Der generelle Einfluss des Alters auf Kenngrößen der fluiden Intelligenz wurde vielfach beschrieben [40]. Die alterskorrigierten und normierten Messwerte des WAIS-IV erlauben den Vergleich mit jüngeren und krankheitsunterschiedlichen Vergleichspopulationen. Unter Nutzung von Untertests des WAIS-IV berichteten Zhan et al. [184] in einem sechsmonatigen Nachuntersuchungsintervall eine Verbesserung der kognitiven Performance für 42- bis 89-Jährige. Aufgrund dieses weitgreifenden Clusters sowie der Testwiederholung nach sechs Monaten entgegen der Regularien des WAIS [103] zur Vermeidung von Lerneffekten sind die Ergebnisse mit denen dieser Arbeit nur bedingt vergleichbar. Somit wurden in der zugrundeliegenden Arbeit erstmals alterskorrelierte Daten des WAIS-IV für beidseits an Taubheit grenzend über 70-

jährige Schwerhörige vor und 12 Monate nach einseitiger CI-Versorgung gezeigt. Dabei bleibt der Einfluss struktureller Hirnschädigungen als Ursache oder Resultat eines eingeschränkten Hörvermögens im Zusammenhang mit den positiven Effekten der CI-Versorgung auf das Arbeitsgedächtnis und die Verarbeitungsgeschwindigkeit zu klären. Schlussfolgernd aus den Erkenntnissen zu den Läsionen der weißen Substanz liegt der auslösende Moment ebendieser kognitiven Einschränkung bereits im mittleren Lebensabschnitt [125, 126], was durch die Erkenntnisse gestützt wird, dass Hörgeschädigte erst Jahre nach Einsetzen einer therapiebedürftigen Hörschädigung Rat zur Behandlung mit einer Hörhilfe einholen [131].

## **4 Zusammenfassung**

Die Cochlea-Implantat (CI)-Versorgung ist als Mittel der Wahl für die Hörrehabilitation an Taubheit grenzend Schwerhöriger bekannt. Dabei ist eine große Vielfalt an Parametern für die Erhebung der Rehabilitationsergebnisse einer CI-Versorgung etabliert. Mit zunehmendem Wissen um das biologische, gesunde Altern wird die Auseinandersetzung mit dem multifaktoriellen Zusammenhang zwischen dem Patientenalter und der mentalen sowie kognitiven Gesundheit älterer Hörgeschädigter erforderlich. Die kognitive Leistungsfähigkeit determiniert die Kompensationsfähigkeit der Hörbeeinträchtigung und ist ausschlaggebend für das individuelle Sprachverständnis. Umgekehrt reduziert ein lang anhaltender unversorgter Hörverlust die kognitiven Fähigkeiten Betroffener, was als wesentlichster vermeidbarer Risikofaktor des mittleren Alters für die Entstehung einer späteren Demenz angesehen wird. Depressionen, soziale Isolation und körperliche Inaktivität wurden hingegen als ausschlaggebende, vermeidbare Risikofaktoren der älteren Bevölkerung definiert. Diese stehen mit der kognitiven Funktion und der Hörfähigkeit des Einzelnen in Beziehung.

Um die vielschichtigen Auswirkungen respektive Wechselwirkungen der Hörrehabilitation mit einem CI in Ergänzung zum Sprachverständnis zu evaluieren und zu diskutieren wurden die der vorliegenden Arbeit zugrundeliegenden Veröffentlichungen erstellt. Auf ebendieser Grundlage sind aus der vorliegenden Habilitationsschrift nachfolgende Ergebnisse zu resümieren.

Die Untersuchungen stützen die Erkenntnisse des Nutzens der CI-Versorgung alter und sehr alter Hörgeschädigter. Der signifikante Zugewinn im Sprachverständnis durch die CI-Versorgung wird durch konstant niedrige psychometrische Messwerte psychologischer Komorbiditäten flankiert. Stressempfinden, Ängstlichkeit und Depressivität haben dabei signifikant gegenläufigen Einfluss auf die durch Krankheiten beeinflusste gesundheitsbezogene Lebensqualität (HRQoL). Diese steigt vergleichbar mit

jüngeren Populationen in der Gruppe otogeriatrischer Patienten signifikant an. Vor und nach CI wird sie signifikant negativ durch die Tinnitusbelastung beeinflusst. Ferner wurden strukturelle hirnorganische Läsionen der weißen Substanz (white matter lesions) als Prädiktor eines schlechteren sprachrehabilitativen Ergebnisses der mittleren Altersgruppe herausgearbeitet. Das numerische Alter hat dabei im mittleren Alter keinen Einfluss auf das Sprachverständnis. Hingegen ist das Alter bei Über-70-Jährigen als Prädiktor zu benennen. Losgelöst ist die signifikante Zunahme kognitiver Fähigkeit im Bereich der fluiden Intelligenz hervorzuheben. Das Arbeitsgedächtnis und die Verarbeitungsgeschwindigkeit sind infolge der CI-Versorgung Älterer signifikant verbessert.

Die Hörrehabilitation mit CI als Voraussetzung des Erhalts der sozialen Kommunikation und Teilhabe ist Bindeglied zur mentalen und kognitiven Gesundheit. Sie vermeidet eine soziale Isolation und Vereinsamung des Alternden, trägt zum gesunden Altern bei und findet Ausdruck in Form der HRQoL. Beeinflussbare auslösende Faktoren kognitiver Einschränkungen des Älteren gehen bis ins mittlere Alter zurück. Im otologischen Kontext muss das zur Achtsamkeit gegenüber unversorgten und unerkannten Hörschädigungen bereits im mittleren Lebensabschnitt führen. In Kenntnis der Wechselwirkung zwischen Hörschädigungen, mentalen sowie kognitiven Begleiterkrankungen ist die gezielte Aufmerksamkeit auf ebendiese Detektion zu lenken und zukünftig in individuell angepasste, altersadaptierte Rehabilitationsprogramme zu integrieren.

## 5                    **Literaturangaben**

1. WHO (2021) Deafness and Hearing Loss. In: Cent. Parent Inf. Resour. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>. Accessed 30 Aug 2021
2. von Gablenz P, Holube I (2015) Prevalence of hearing impairment in northwestern Germany: Results of an epidemiological study on hearing status (HÖRSTAT). HNO 63:195–214 . doi: 10.1007/s00106-014-2949-7
3. von Gablenz P, Holube I (2017) Hörverlust und Sprachverstehen im Alter. Laryngorhinootologie 96:759–764 . doi: 10.1055/s-0043-119388
4. von Gablenz P, Hoffmann E, Holube I (2017) Prävalenz von Schwerhörigkeit in Nord- und Süddeutschland. HNO 65:663–670 . doi: 10.1007/s00106-016-0314-8
5. Lin FR, Niparko JK, Ferrucci L (2011) Hearing loss prevalence in the United States. Arch Intern Med 171:1851–1852 . doi: 10.1001/archinternmed.2011.506
6. Posukh OL (2021) Genetic etiology of hearing loss in Russia. Hum Genet. doi: 10.1007/s00439-021-02327-7
7. Steffens T (2019) Audiometric test battery for presbycusis. HNO 68:164–170 . doi: 10.1007/s00106-019-00746-7
8. Schuknecht HF, Gacek MR (1993) Cochlear pathology in presbycusis. Ann Otol Rhinol Laryngol 102:1–16 . doi: 10.1177/00034894931020s101
9. Tu NC, Friedman RA (2018) Age-related hearing loss: Unraveling the pieces. Laryngoscope Investig Otolaryngol 3:68–72 . doi: 10.1002/lio2.134
10. Lesicko AMH, Llano DA (2017) Impact of peripheral hearing loss on top-down auditory processing. Hear Res 343:4–13 . doi: 10.1016/j.heares.2016.05.018
11. Choi I, Lee JY, Lee SH (2018) Bottom-up and top-down modulation of multisensory integration. Curr Opin Neurobiol 52:115–122 . doi: 10.1016/j.conb.2018.05.002
12. Ptok M, Kießling J (2004) Sprachperzeption. Basis sprachaudiometrischer Untersuchungen. HNO 52:824–830 . doi: 10.1007/s00106-004-1109-x



13. Chien W, Lin FR (2012) Prevalence of hearing aid use among older adults in the United States. *Arch Intern Med* 172:292–293 . doi: 10.1001/archinternmed.2011.1408
14. Pichora-Fuller MK (2003) Cognitive aging and auditory information processing. *Int J Audiol* 42:26–32 . doi: 10.3109/14992020309074641
15. Gemeinsamer Bundesausschuss (2021) Hilfsmittel-Richtlinie. [https://www.g-ba.de/downloads/62-492-2467/HilfsM-RL\\_2021-03-18\\_iK-2021-04-01.pdf](https://www.g-ba.de/downloads/62-492-2467/HilfsM-RL_2021-03-18_iK-2021-04-01.pdf). Accessed 2 Sep 2021
16. AWMF (2020) S2k-Leitlinie Cochlea-Implantat Versorgung. In: Dtsch. Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Hals-Chirurgie e. V. [https://www.awmf.org/uploads/tx\\_szleitlinien/017-071I\\_S2k\\_Cochlea-Implantat-Versorgung-zentral-auditorische-Implantate\\_2020-12.pdf](https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/017-071I_S2k_Cochlea-Implantat-Versorgung-zentral-auditorische-Implantate_2020-12.pdf). Accessed 2 Sep 2021
17. DGHNO-KHC (2021) Weißbuch Cochlea - Implantat ( CI ) - Versorgung. <https://cdn.hno.org/media/2021/ci-weissbuch-20-inkl-anlagen-datenblöcke-und-zeitpunkte-datenerhebung-mit-logo-05-05-21.pdf>. Accessed 2 Sep 2021
18. Hoppe U, Hast A, Hocke T (2014) Sprachverstehen mit Hörgeräten in Abhängigkeit vom Tongehör. *HNO* 62:443–448 . doi: 10.1007/s00106-013-2813-1
19. Hoppe U, Hast A, Hocke T (2015) Audiometry-Based Screening Procedure for Cochlear Implant Candidacy. *Otol Neurotol* 36:1001–1005 . doi: 10.1097/MAO.0000000000000730
20. Hoth S (2016) Der Freiburger Sprachtest : Eine Säule der Sprachaudiometrie im deutschsprachigen Raum. *HNO* 64:540–548 . doi: 10.1007/s00106-016-0150-x
21. Zöllner F, Keidel WD (1963) Gehörvermittlung durch elektrische Erregung des Nervus acusticus. *Arch für Ohren- Nasen- und Kehlkopfheilkd* 181:216–223 . doi: 10.1007/BF02103758
22. Lenarz T (2017) Cochlear implant - state of the art. *GMS Curr Top Otorhinolaryngol Head Neck Surg* 16:Doc04 . doi: 10.3205/cto000143
23. Kuehnel V, Kollmeier B, Wagener K (1999) Entwicklung und Evaluation eines Satztests für die deutsche Sprache III: Evaluation des Oldenburger

- Satztests. *Zeitschrift für Audiologie* 38:86–95
24. Müller-Deile J (2009) Sprachverständlichkeitsuntersuchungen bei Cochleaimplantatpatienten. *HNO* 57:580–592 . doi: 10.1007/s00106-009-1930-3
  25. Bernhard N, Gauger U, Romo Ventura E, et al (2021) Duration of deafness impacts auditory performance after cochlear implantation: A meta-analysis. *Laryngoscope Investig Otolaryngol* 6:291–301 . doi: 10.1002/lio2.528
  26. Lin FR, Chien WW, Li L, et al (2012) Cochlear implantation in older adults. *Med (United States)* 91:229–241 . doi: 10.1097/MD.0b013e31826b145a
  27. Moberly AC, Lowenstein JH, Nittrouer S (2016) Word recognition variability with cochlear implants: “perceptual attention” versus “auditory sensitivity.” *Ear Hear* 37:14–26 . doi: 10.1097/AUD.0000000000000204
  28. Olze H, Knopke S, Gräbel S, Szczepek AJ (2016) Rapid Positive Influence of Cochlear Implantation on the Quality of Life in Adults 70 Years and Older. *Audiol Neurotol* 21:43–47 . doi: 10.1159/000448354
  29. Irvine DRF (2018) Plasticity in the auditory system. *Hear Res* 362:61–73 . doi: 10.1016/j.heares.2017.10.011
  30. Harris KC, Dubno JR (2017) Age-related deficits in auditory temporal processing: unique contributions of neural dyssynchrony and slowed neuronal processing. *Neurobiol Aging* 53:150–158 . doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2017.01.008
  31. Beyea JA, McMullen KP, Harris MS, et al (2016) Cochlear implants in adults: Effects of age and duration of deafness on speech recognition. *Otol Neurotol* 37:1238–1245 . doi: 10.1097/MAO.0000000000001162
  32. Zeh R, Baumann U (2015) Stationäre Rehabilitationsmaßnahmen bei erwachsenen CI-Trägern: Ergebnisse in Abhängigkeit von der Dauer der Taubheit, Nutzungsdauer und Alter. *HNO* 63:557–576 . doi: 10.1007/s00106-015-0037-2
  33. Li L, Parkins CW, Webster DB (1999) Does electrical stimulation of deaf cochleae prevent spiral ganglion degeneration? *Hear Res* 133:27–39 . doi: 10.1016/s0378-5955(99)00043-x

34. Rönnerberg J, Lunner T, Zekveld A, et al (2013) The Ease of Language Understanding (ELU) model: theoretical, empirical, and clinical advances. *Front Syst Neurosci* 7:31 . doi: 10.3389/fnsys.2013.00031
35. Tokat T, Müderris T, Bozkurt EB, et al (2021) Quality of Life in Older Adults with Cochlear Implantation: Can It Be Equal to That of Healthy Older Adults? *J Audiol Otol* 25:138–145 . doi: 10.7874/jao.2020.00458
36. Hirschfelder A, Gräbel S, Olze H (2008) The impact of cochlear implantation on quality of life: the role of audiologic performance and variables. *Otolaryngol - Head Neck Surg* 138:357–62 . doi: 10.1016/j.otohns.2007.10.019
37. Martini A, Castiglione A, Bovo R, et al (2014) Aging, cognitive load, dementia and hearing loss. *Audiol Neurotol* 19:2–5 . doi: 10.1159/000371593
38. Goycoolea M V, Cagnacci B, Rufs J, et al (2021) Return of Sounds at almost 100 Years of Age: Which will be the Limit? *Int J Head Neck Surg*. doi: 10.5005/jp-journals-10001-1408
39. Francis HW, Yeagle JA, Thompson CB (2015) Clinical and psychosocial risk factors of hearing outcome in older adults with cochlear implants. *Laryngoscope* 125:695–702 . doi: 10.1002/lary.24921
40. Cattell RB (1963) Theory of fluid and crystallized intelligence: A critical experiment. *J Educ Psychol* 54:1–22 . doi: 10.1037/h0046743
41. Stemmler M, Petermann F, Daseking M, et al (2013) Diagnostik und Verlauf von kognitiven Fähigkeiten bei älteren Menschen. *Gesundheitswesen* 75:761–767 . doi: 10.1055/s-0033-1357164
42. Wingfield A, Amichetti NM, Lash A (2015) Cognitive aging and hearing acuity: Modeling spoken language comprehension. *Front Psychol* 6:1–13 . doi: 10.3389/fpsyg.2015.00684
43. Wayne R V., Hamilton C, Huyck JJ, Johnsrude IS (2016) Working memory training and speech in noise comprehension in older adults. *Front Aging Neurosci* 8:49 . doi: 10.3389/fnagi.2016.00049
44. Wingfield A (2016) Evolution of models of working memory and cognitive resources. *Ear Hear* 37:35S-43S . doi: 10.1097/AUD.0000000000000310
45. Livingston G, Sommerlad A, Orgeta V, et al (2017) Dementia prevention,

- intervention, and care. *Lancet* 390:2673–2734 . doi: 10.1016/S0140-6736(17)31363-6
46. Sutin AR, Stephan Y, Luchetti M, Terracciano A (2020) Loneliness and risk of dementia. *Journals Gerontol - Ser B Psychol Sci Soc Sci* 75:1414–1422 . doi: 10.1093/geronb/gby112
  47. Brüggemann P, Szczepek AJ, Klee K, et al (2017) In patients undergoing cochlear implantation, psychological burden affects tinnitus and the overall outcome of auditory rehabilitation. *Front Hum Neurosci* 11:226 . doi: 10.3389/fnhum.2017.00226
  48. Häußler SM, Knopke S, Dudka S, et al (2020) Improvement in tinnitus distress, health-related quality of life and psychological comorbidities by cochlear implantation in single-sided deaf patients. *HNO* 68:1–10 . doi: 10.1007/s00106-019-0705-8
  49. Olze H, Szczepek AJ, Haupt H, et al (2012) The impact of cochlear implantation on tinnitus, stress and quality of life in postlingually deafened patients. *Audiol Neurootol* 17:2–11 . doi: 10.1159/000323847
  50. Contrera KJ, Wallhagen MI, Mamo SK, et al (2016) Hearing Loss Health Care for Older Adults. *J Am Board Fam Med* 29:394–403 . doi: 10.3122/jabfm.2016.03.150235
  51. Contrera KJ, Betz J, Deal J, et al (2017) Association of Hearing Impairment and Anxiety in Older Adults. *J Aging Health* 29:172–184 . doi: 10.1177/0898264316634571
  52. Hinderink JB, Krabbe PF, 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. *Otolaryngol Head Neck Surg* 123:756–65 . doi: 10.1067/mhn.2000.108203
  53. Vermeire K, Brokx JPL, Wuyts FL, et al (2005) Quality-of-life benefit from cochlear implantation in the elderly. *Otol Neurotol* 26:188–195 . doi: 10.1097/00129492-200503000-00010
  54. Olze H, Gräbel S, Förster U, et al (2012) Elderly patients benefit from cochlear implantation regarding auditory rehabilitation, quality of life, tinnitus, and stress. *Laryngoscope* 122:196–203 . doi: 10.1002/lary.22356

55. Boisvert I, Reis M, Au A, et al (2020) Cochlear implantation outcomes in adults: A scoping review. *PLoS One* 15:e0232421
56. Kobosko J, Jedrzejczak WW, Pilka E, et al (2015) Satisfaction With Cochlear Implants in Postlingually Deaf Adults and Its Nonaudiological Predictors: Psychological Distress, Coping Strategies, and Self-Esteem. *Ear Hear* 36:605–618 . doi: 10.1097/AUD.000000000000179
57. Francis HW, Chee N, Yeagle J, et al (2002) Impact of cochlear implants on the functional health status of older adults. *Laryngoscope* 112:1482–8 . doi: 10.1097/00005537-200208000-00028
58. Cohen SM, Labadie RF, Dietrich MS, Haynes DS (2004) Quality of life in hearing-impaired adults: the role of cochlear implants and hearing aids. *Otolaryngol Head Neck Surg* 131:413–22 . doi: 10.1016/j.otohns.2004.03.026
59. Hsu WT, Hsu CC, Wen MH, et al (2016) Increased risk of depression in patients with acquired sensory hearing loss A 12-year follow-up study. *Med (United States)* 95:e5312 . doi: 10.1097/MD.0000000000005312
60. Blazer DG, Tucci DL (2019) Hearing loss and psychiatric disorders: A review. *Psychol Med* 49:891–897 . doi: 10.1017/S0033291718003409
61. Hasin DS, Sarvet AL, Meyers JL, et al (2018) Epidemiology of Adult DSM-5 Major Depressive Disorder and Its Specifiers in the United States. *JAMA psychiatry* 75:336–346 . doi: 10.1001/jamapsychiatry.2017.4602
62. Lisko I, Kulmala J, Annetorp M, et al (2021) How can dementia and disability be prevented in older adults: where are we today and where are we going? *J Intern Med* 289:807–830 . doi: 10.1111/joim.13227
63. Lin FR, Ferrucci L, An Y, et al (2014) Association of hearing impairment with brain volume changes in older adults. *Neuroimage* 90:84–92 . doi: 10.1016/j.neuroimage.2013.12.059
64. Rutherford BR, Brewster K, Golub JS, et al (2018) Sensation and psychiatry: Linking age-related hearing loss to late-life depression and cognitive decline. *Am J Psychiatry* 175:215–224 . doi: 10.1176/appi.ajp.2017.17040423
65. Fellgiebel A (2017) „Pseudodemenz“: Abgrenzung Altersdepression – Demenz. In: *Altersdepression*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp 51–55

66. Ferguson M, Maidment D, Henshaw H, Heffernan E (2019) Evidence-Based Interventions for Adult Aural Rehabilitation: That Was Then, This Is Now. *Semin Hear* 40:68–84 . doi: 10.1055/s-0038-1676784
67. Ketterer MC, Knopke S, Häußler SM, et al (2018) Asymmetric hearing loss and the benefit of cochlear implantation regarding speech perception, tinnitus burden and psychological comorbidities: a prospective follow-up study. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngology* 275:2683–2693 . doi: 10.1007/s00405-018-5135-9
68. Ketterer MC, Häussler S-M, Hildenbrand T, et al (2020) Binaural Hearing Rehabilitation Improves Speech Perception, Quality of Life, Tinnitus Distress, and Psychological Comorbidities. *Otol Neurotol Off Publ Am Otol Soc Am Neurotol Soc [and] Eur Acad Otol Neurotol* 41:e563–e574 . doi: 10.1097/MAO.0000000000002590
69. Péus D, Pfluger A, Häussler SM, et al (2021) Single-centre experience and practical considerations of the benefit of a second cochlear implant in bilaterally deaf adults. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 278:2289–2296 . doi: 10.1007/s00405-020-06315-x
70. Zirke N, Seydel C, Arsoy D, et al (2013) Analysis of mental disorders in tinnitus patients performed with Composite International Diagnostic Interview. *Qual Life Res* 22:2095–104 . doi: 10.1007/s11136-012-0338-9
71. Tambs K (2004) Moderate effects of hearing loss on mental health and subjective well-being: results from the Nord-Trøndelag Hearing Loss Study. *Psychosom Med* 66:776–82 . doi: 10.1097/01.psy.0000133328.03596.fb
72. Haug TT, Mykletun A, Dahl AA (2004) The association between anxiety, depression, and somatic symptoms in a large population: the HUNT-II study. *Psychosom Med* 66:845–51 . doi: 10.1097/01.psy.0000145823.85658.0c
73. Contrera KJ, Sung YK, Betz J, et al (2017) Change in loneliness after intervention with cochlear implants or hearing aids. *Laryngoscope* 127:1885–1889 . doi: 10.1002/lary.26424
74. Choi JS, Betz J, Li L, et al (2016) Association of Using Hearing Aids or Cochlear Implants With Changes in Depressive Symptoms in Older

- Adults. *JAMA Otolaryngol Neck Surg* 142:652 . doi: 10.1001/jamaoto.2016.0700
75. Olze H, Szczepek AJ, Haupt H, et al (2011) Cochlear implantation has a positive influence on quality of life, tinnitus, and psychological comorbidity. *Laryngoscope* 121:2220–2227 . doi: 10.1002/lary.22145
  76. Lupien SJ, McEwen BS, Gunnar MR, Heim C (2009) Effects of stress throughout the lifespan on the brain, behaviour and cognition. *Nat Rev Neurosci* 10:434–45 . doi: 10.1038/nrn2639
  77. Mazurek B, Haupt H, Olze H, Szczepek AJ (2012) Stress and tinnitus- from bedside to bench and back. *Front Syst Neurosci* 6:47 . doi: 10.3389/fnsys.2012.00047
  78. Eggermont JJ (2005) Tinnitus: Neurobiological substrates. *Drug Discov Today* 10:1283–1290 . doi: 10.1016/S1359-6446(05)03542-7
  79. Quaranta N, Wagstaff S, Baguley DM (2004) Tinnitus and cochlear implantation. *Int J Audiol* 43:245–251 . doi: 10.1080/14992020400050033
  80. Szczepek AJ, Haupt H, Klapp BF, et al (2014) Biological correlates of tinnitus-related distress: An exploratory study. *Hear Res* 318:23–30 . doi: 10.1016/j.heares.2014.10.007
  81. Zenner HP, Delb W, Kröner-Herwig B, et al (2017) A multidisciplinary systematic review of the treatment for chronic idiopathic tinnitus. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngology* 274:2079–2091 . doi: 10.1007/s00405-016-4401-y
  82. Mazurek B, Szczepek AJ, Bruggemann P (2017) Tinnitus - Clinical Symptoms and Therapy. *Laryngorhinootologie* 96:47–59 . doi: 10.1055/s?0042?119419
  83. House WF, Berliner K, Crary W (1976) Cochlear implants. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 85:1–93 . doi: 10.1177/00034894760850s303
  84. Mckerrow WS, Schreiner CE, Merzenich MM, et al (1991) Tinnitus suppression by cochlear implants. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 100:552–558 . doi: 10.1177/000348949110000706
  85. Baguley DM, Atlas MD (2007) Cochlear implants and tinnitus. *Prog Brain Res* 166:347–55 . doi: 10.1016/S0079-6123(07)66033-6
  86. Van Zon A, Smulders YE, Ramakers GGJ, et al (2016) Effect of unilateral

- and simultaneous bilateral cochlear implantation on tinnitus: A Prospective Study. *Laryngoscope* 126:956–961 . doi: 10.1002/lary.25493
87. Ramakers GGJ, van Zon A, Stegeman I, Grolman W (2015) The effect of cochlear implantation on tinnitus in patients with bilateral hearing loss: A systematic review. *Laryngoscope* 125:2584–2592 . doi: 10.1002/lary.25370
  88. Todt I, Rademacher G, Mutze S, et al (2015) Relationship between intracochlear electrode position and tinnitus in cochlear implantees. *Acta Otolaryngol* 135:781–5 . doi: 10.3109/00016489.2015.1024332
  89. Ito J, Sakakihara J (1994) Tinnitus suppression by electrical stimulation of the cochlear wall and by cochlear implantation. *Laryngoscope* 104:752–4 . doi: 10.1288/00005537-199406000-00017
  90. Miyamoto RT, Bichey BG (2003) Cochlear implantation for tinnitus suppression. *Otolaryngol Clin North Am* 36:345–52 . doi: 10.1016/s0030-6665(02)00165-2
  91. Hey M, Brademann G, Ambrosch P (2016) Der Freiburger Einsilbertest in der postoperativen CI-Diagnostik. *HNO* 64:601–607 . doi: 10.1007/s00106-016-0194-y
  92. Wagener K, Kühnel V, Kollmeier B (1999) Entwicklung und Evaluation eines Satztests für die deutsche Sprache I: Design des Oldenburger Satztests. *Zeitschrift für Audiologie* 38:4–15
  93. Meyer TD, Hautzinger M (2001) Allgemeine Depressions-Skala (ADS). *Diagnostica* 47:208–215 . doi: 10.1026//0012-1924.47.4.208
  94. Löwe B, Decker O, Müller S, et al (2008) Validation and standardization of the Generalized Anxiety Disorder Screener (GAD-7) in the general population. *Med Care* 46:266–74 . doi: 10.1097/MLR.0b013e318160d093
  95. Levenstein S, Prantera C, Varvo V, et al (1993) Development of the perceived stress questionnaire: A new tool for psychosomatic research. *J Psychosom Res* 37:19–32 . doi: 10.1016/0022-3999(93)90120-5
  96. Fliege H, Rose M, Arck P, et al The Perceived Stress Questionnaire (PSQ) reconsidered: validation and reference values from different clinical and healthy adult samples. *Psychosom Med* 67:78–88 . doi: 10.1097/01.psy.0000151491.80178.78



97. Kocalevent R-D, Levenstein S, Fliege H, et al (2007) Contribution to the construct validity of the Perceived Stress Questionnaire from a population-based survey. *J Psychosom Res* 63:71–81 . doi: 10.1016/j.jpsychores.2007.02.010
98. Jastreboff PJ, Hazell JWP, Graham RL (1994) Neurophysiological model of tinnitus: Dependence of the minimal masking level on treatment outcome. *Hear Res* 80:216–232 . doi: 10.1016/0378-5955(94)90113-9
99. Seydel C, Zirke N, Haupt H, et al (2012) Psychometrische Testverfahren in der Tinnitusdiagnostik. *HNO* 60:732–742 . doi: 10.1007/s00106-011-2403-z
100. Göbel G, Hiller W (1994) Tinnitus-Fragebogen (TF). Standardinstrument zur Graduierung des Tinnituschweregrades. Ergebnisse einer Multicenterstudie mit dem Tinnitus-Fragebogen (TF). *HNO* 42:166–172
101. Hiller W, Göbel G, Rief W (1994) Reliability of self-rated tinnitus distress and association with psychological symptom patterns. *Br J Clin Psychol* 33:231–239 . doi: 10.1111/j.2044-8260.1994.tb01117.x
102. Fazekas F, Chawluk JB, Alavi A, et al (1987) MR signal abnormalities at 1.5 T in Alzheimer's dementia and normal aging. *AJR Am J Roentgenol* 149:351–6 . doi: 10.2214/ajr.149.2.351
103. Petermann F (2012) Wechsler Adult Intelligence Scale - Fourth Edition Grundlagen, Testauswertung und Interpretation. NCS Pearson, Frankfurt/Main
104. Daseking M, Petermann F (2013) Analyse von Querschnittsdaten zur Intelligenzentwicklung im Erwachsenenalter: Eine Studie zur deutschsprachigen Version der WAIS-IV. *Zeitschrift für Neuropsychol* 24:149–160 . doi: 10.1024/1016-264X/a000098
105. Gates GA, Mills JH (2005) Presbycusis. *Lancet* 366:1111–1120 . doi: 10.1016/S0140-6736(05)67423-5
106. Laszig R, Aschendorff A, Schipper J, Klenzner T (2004) Aktuelle Entwicklung zum Cochlearimplantat. *HNO* 52:357–362 . doi: 10.1007/s00106-004-1049-5
107. Olze H, Gräbel S, Haupt H, et al (2012) Extra benefit of a second cochlear implant with respect to health-related quality of life and tinnitus.

- Otol Neurotol 33:1169–75 . doi: 10.1097/MAO.0b013e31825e799f
108. Moberly AC, Vasil KJ, Wucinich TL, et al (2018) How does aging affect recognition of spectrally degraded speech? *Laryngoscope* 128:S1–S16 . doi: 10.1002/lary.27457
  109. Dillon MT, Buss E, Adunka MC, et al (2013) Long-term Speech Perception in Elderly Cochlear Implant Users. *JAMA Otolaryngol Neck Surg* 139:279–283 . doi: 10.1001/jamaoto.2013.1814
  110. Ciorba A, Bianchini C, Pelucchi S, Pastore A (2012) The impact of hearing loss on the quality of life of elderly adults. *Clin Interv Aging* 7:159–163 . doi: 10.2147/CIA.S26059
  111. Sung Y-K, Li L, Blake C, et al (2015) Association of Hearing Loss and Loneliness in Older Adults. *J Aging Health*. doi: 10.1177/0898264315614570
  112. Holube I, Kollmeier B (1991) Ein Fragebogen zur Erfassung des subjektiven Hörvermögens: Erstellung der Fragen und Beziehungen zum Tonschwellenaudiogramm. *Audiol Akust* 30:48–64
  113. Knopke S, Gräbel S, Förster-Ruhrmann U, et al (2016) Impact of cochlear implantation on quality of life and mental comorbidity in patients aged 80 years. *Laryngoscope* 126:2811–2816 . doi: 10.1002/lary.25993
  114. Davis A, McMahon CM, Pichora-Fuller KM, et al (2016) Aging and Hearing Health: The Life-course Approach. *Gerontologist* 56:S256–S267 . doi: 10.1093/geront/gnw033
  115. Diaz DR, Landsberger SA, Povlinski J, et al (2013) Psychiatric disorder prevalence among deaf and hard-of-hearing outpatients. *Compr Psychiatry* 54:991–995 . doi: 10.1016/j.comppsy.2013.04.004
  116. Von Kanel R, Dimsdale JE, Adler KA, et al (2004) Effects of depressive symptoms and anxiety on hemostatic responses to acute mental stress and recovery in the elderly. *Psychiatry Res* 126:253–264 . doi: 10.1016/j.psychres.2004.02.003
  117. Knopke S, Häussler S, Gräbel S, et al (2019) Age-Dependent Psychological Factors Influencing the Outcome of Cochlear Implantation in Elderly Patients. *Otol Neurotol* 40:e441–e453 . doi: 10.1097/MAO.0000000000002179

118. Lenarz T, Muller L, Czerniejewska-Wolska H, et al (2017) Patient-Related Benefits for Adults with Cochlear Implantation: A Multicultural Longitudinal Observational Study. *Audiol Neurotol* 22:61–73 . doi: 10.1159/000477533
119. Todt I, Mittmann P, Ernst A (2014) Intracochlear fluid pressure changes related to the insertional speed of a CI electrode. *Biomed Res Int* 2014:507241 . doi: 10.1155/2014/507241
120. Moberly AC, Bates C, Harris MS, Pisoni DB (2016) The enigma of poor performance by adults with cochlear implants. *Otol Neurotol* 37:1522–1528 . doi: 10.1097/MAO.0000000000001211
121. Geraldine M, Lenarz T, Rau TS (2021) Hydraulic insertions of cochlear implant electrode arrays into the human cadaver cochlea: preliminary findings. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngology* Epub ahead of print . doi: 10.1007/s00405-021-06979-z
122. Knopke S, Szczepek AJ, Häussler SM, et al (2017) Cochlear Implantation of Bilaterally Deafened Patients with Tinnitus Induces Sustained Decrease of Tinnitus-Related Distress. *Front Neurol* 8:158 . doi: 10.3389/fneur.2017.00158
123. Meister H (2017) Sprachaudiometrie, Sprachwahrnehmung und kognitive Funktionen. *HNO* 65:189–194 . doi: 10.1007/s00106-016-0229-4
124. Lin FR, Albert M (2014) Editorial : Hearing loss and dementia - Who is listening? *Aging Ment Heal* 18:671–673 . doi: 10.1080/13607863.2014.915924
125. Knopke S, Bauknecht H-C, Gräbel S, et al (2021) White Matter Lesions as Possible Predictors of Audiological Performance in Adults after Cochlear Implantation. *Brain Sci* 2021, Vol 11, Page 600 11:600 . doi: 10.3390/BRAINSCI11050600
126. Livingston G, Huntley J, Sommerlad A, et al (2020) Dementia prevention, intervention, and care: 2020 report of the Lancet Commission. *Lancet* 396:413–446 . doi: 10.1016/S0140-6736(20)30367-6
127. Davies HR, Cadar D, Herbert A, et al (2017) Hearing Impairment and Incident Dementia: Findings from the English Longitudinal Study of Ageing. *J Am Geriatr Soc* 65:2074–2081 . doi: 10.1111/jgs.14986
128. Wayne R V., Johnsrude IS (2015) A review of causal mechanisms

- underlying the link between age-related hearing loss and cognitive decline. *Ageing Res Rev* 23:154–166 . doi: 10.1016/j.arr.2015.06.002
129. Hopkins K, Moore BCJ (2011) The effects of age and cochlear hearing loss on temporal fine structure sensitivity, frequency selectivity, and speech reception in noise. *J Acoust Soc Am* 130:334–349 . doi: 10.1121/1.3585848
130. Knopke S, Schubert A, Häussler SM, et al (2021) Improvement of working memory and processing speed in patients over 70 with bilateral hearing impairment following unilateral cochlear implantation. *J Clin Med* 10:3421 . doi: 10.3390/jcm10153421
131. Ellis S, Sheik Ali S, Ahmed W (2021) A review of the impact of hearing interventions on social isolation and loneliness in older people with hearing loss. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngology* 278:4653–4661 . doi: 10.1007/s00405-021-06847-w
132. Löhler J, Cebulla M, Shehata-Dieler W, et al (2019) Schwerhörigkeit im Alter – Erkennung, Behandlung und assoziierte Risiken. *Dtsch Arztebl Int* 116:301–310 . doi: 10.3238/arztebl.2019.0301
133. Mazurek B, Stöver T, Haupt H, et al (2008) Die Entstehung und Behandlung der Presbyakusis. *HNO* 56:429–435 . doi: 10.1007/s00106-008-1676-3
134. Müller A, Hocke T, Hoppe U, Mir-Salim P (2016) Der Einfluss des Alters bei der Evaluierung des funktionellen Hörgerätenutzens mittels Sprachaudiometrie. *HNO* 64:143–148 . doi: 10.1007/s00106-015-0115-5
135. Völter C, Götze L, Haubitz I, et al (2020) Benefits of Cochlear Implantation in Middle-Aged and Older Adults. *Clin Interv Aging* 15:1555–1568 . doi: 10.2147/CIA.S255363
136. Bourn SS, Goldstein MR, Morris SA, Jacob A (2022) Cochlear implant outcomes in the very elderly. *Am J Otolaryngol* 43:103200 . doi: 10.1016/j.amjoto.2021.103200
137. Heinrich A, Henshaw H, Ferguson MA (2015) The relationship of speech intelligibility with hearing sensitivity, cognition, and perceived hearing difficulties varies for different speech perception tests. *Front Psychol* 6:782 . doi: 10.3389/fpsyg.2015.00782

138. Lohman T, Bains G, Berk L, Lohman E (2021) Predictors of Biological Age: The Implications for Wellness and Aging Research. *Gerontol Geriatr Med* 7:1–13 . doi: 10.1177/23337214211046419
139. Besser J, Stropahl M, Urry E, Launer S (2018) Comorbidities of hearing loss and the implications of multimorbidity for audiological care. *Hear Res* 369:3–14 . doi: 10.1016/j.heares.2018.06.008
140. Stevens G, Flaxman S, Brunskill E, et al (2013) Global and regional hearing impairment prevalence: An analysis of 42 studies in 29 countries. *Eur J Public Health* 23:146–152 . doi: 10.1093/eurpub/ckr176
141. Lin FR, Metter EJ, O'Brien RJ, et al (2011) Hearing loss and incident dementia. *Arch Neurol* 68:214–220 . doi: 10.1001/archneurol.2010.362
142. Davidson JGS, Guthrie DM (2019) Older Adults With a Combination of Vision and Hearing Impairment Experience Higher Rates of Cognitive Impairment, Functional Dependence, and Worse Outcomes Across a Set of Quality Indicators. *J Aging Health* 31:85–108 . doi: 10.1177/0898264317723407
143. Fisher D, Li CM, Chiu MS, et al (2014) Impairments in hearing and vision impact on mortality in older people: The AGES-reykjavik study. *Age Ageing* 43:69–76 . doi: 10.1093/ageing/aft122
144. Swenor BK, Wang J, Varadaraj V, et al (2019) Vision Impairment and Cognitive Outcomes in Older Adults: The Health ABC Study. *Journals Gerontol - Ser A Biol Sci Med Sci* 74:1454–1460 . doi: 10.1093/gerona/gly244
145. Gracie TJ, Caufield-Noll C, Wang NY, Sieber FE (2021) The Association of Preoperative Frailty and Postoperative Delirium: A Meta-analysis. *Anesth Analg* 133:314–323 . doi: 10.1213/ANE.0000000000005609
146. Fried LP, Tangen CM, Walston J, et al (2001) Frailty in older adults: Evidence for a phenotype. *Journals Gerontol - Ser A Biol Sci Med Sci* 56:M146-56 . doi: 10.1093/gerona/56.3.m146
147. Roth TN (2015) Aging of the auditory system. In: *Handbook of Clinical Neurology*. pp 357–373
148. Moberly AC, Harris MS, Boyce L, et al (2018) Relating quality of life to outcomes and predictors in adult cochlear implant users: Are we

- measuring the right things? *Laryngoscope* 128:959–966 . doi: 10.1002/lary.26791
149. McRackan TR, Bauschard M, Hatch JL, et al (2018) Meta-analysis of quality-of-life improvement after cochlear implantation and associations with speech recognition abilities. *Laryngoscope* 128:982–990 . doi: 10.1002/lary.26738
  150. Vasil KJ, Lewis J, Tamati T, et al (2020) How Does Quality of Life Relate to Auditory Abilities? A Subitem Analysis of the Nijmegen Cochlear Implant Questionnaire. *J Am Acad Audiol* 31:292–301 . doi: 10.3766/jaaa.19047
  151. Ambert-Dahan E, Laouénan C, Lebretonchel M, et al (2018) Evaluation of the impact of hearing loss in adults: Validation of a quality of life questionnaire. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis* 135:25–31 . doi: 10.1016/J.ANORL.2017.09.003
  152. Polku H, Mikkola TM, Rantakokko M, et al (2018) Hearing and Quality of Life among Community-Dwelling Older Adults. *Journals Gerontol - Ser B Psychol Sci Soc Sci* 73:543–552 . doi: 10.1093/geronb/gbw045
  153. Häußler SM, Knopke S, Wiltner P, et al (2019) Long-term Benefit of Unilateral Cochlear Implantation on Quality of Life and Speech Perception in Bilaterally Deafened Patients. *Otol Neurotol* 40:e430–e440 . doi: 10.1097/MAO.0000000000002008
  154. Clark JH, Yeagle J, Arbaje AI, et al (2012) Cochlear implant rehabilitation in older adults: literature review and proposal of a conceptual framework. *J Am Geriatr Soc* 60:1936–45 . doi: 10.1111/j.1532-5415.2012.04150.x
  155. Yamada M, Nishiwaki Y, Michikawa T, Takebayashi T (2011) Impact of hearing difficulty on dependence in activities of daily living (ADL) and mortality: A 3-year cohort study of community-dwelling Japanese older adults. *Arch Gerontol Geriatr* 52:245–249 . doi: 10.1016/j.archger.2010.04.023
  156. Cudjoe TKM, Roth DL, Szanton SL, et al (2020) The Epidemiology of Social Isolation: National Health and Aging Trends Study. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci* 75:107–113 . doi: 10.1093/geronb/gby037
  157. Valtorta N, Hanratty B (2012) Loneliness, isolation and the health of older

- adults: do we need a new research agenda? *J R Soc Med* 105:518–22 .  
doi: 10.1258/jrsm.2012.120128
158. Oxman TE, Berkman LF, Kasl S, et al (1992) Social support and depressive symptoms in the elderly. *Am J Epidemiol* 135:356–68 . doi: 10.1093/oxfordjournals.aje.a116297
  159. Shukla A, Harper M, Pedersen E, et al (2020) Hearing Loss, Loneliness, and Social Isolation: A Systematic Review. *Otolaryngol - Head Neck Surg (United States)* 162:622–633 . doi: 10.1177/0194599820910377
  160. Keesom SM, Hurley LM (2020) Silence, solitude and serotonin: Neural mechanisms linking hearing loss and social isolation. *Brain Sci* 10:1–24 . doi: 10.3390/brainsci10060367
  161. Pronk M, Deeg DJH, Kramer SE (2013) Hearing status in older persons: A Significant determinant of depression and loneliness? Results from the Longitudinal Aging Study Amsterdam. *Am J Audiol* 22:316–320 . doi: 10.1044/1059-0889(2013/12-0069)
  162. Poissant SF, Beaudoin F, Huang J, et al (2008) Impact of cochlear implantation on speech understanding, depression, and loneliness in the elderly. *J Otolaryngol Head Neck Surg* 37:488–94
  163. Dawes P, Emsley R, Cruickshanks KJ, et al (2015) Hearing loss and cognition: The role of hearing aids, social isolation and depression. *PLoS One* 10:e0119616 . doi: 10.1371/journal.pone.0119616
  164. Pan T, Tyler RS, Ji H, et al (2009) Changes in the tinnitus handicap questionnaire after cochlear implantation. *Am J Audiol* 18:144–51 . doi: 10.1044/1059-0889(2009/07-0042)
  165. Kloostra FJJ, Arnold R, Hofman R, Van Dijk P (2015) Changes in tinnitus after cochlear implantation and its relation with psychological functioning. *Audiol Neurootol* 20:81–89 . doi: 10.1159/000365959
  166. Sawyer CS, Armitage CJ, Munro KJ, et al (2019) Correlates of Hearing Aid Use in UK Adults: Self-Reported Hearing Difficulties, Social Participation, Living Situation, Health, and Demographics. *Ear Hear* 40:1061–1068 . doi: 10.1097/AUD.0000000000000695
  167. Brüggemann P, Szczepek AJ, Rose M, et al (2016) Impact of Multiple Factors on the Degree of Tinnitus Distress. *Front Hum Neurosci* 10:341 .

doi: 10.3389/fnhum.2016.00341

168. Olze H (2015) Cochleaimplantate und Tinnitus. *HNO* 63:291–297 . doi: 10.1007/s00106-014-2975-5
169. Mazurek B, Olze H, Haupt H, Szczepek AJ (2010) The more the worse: the grade of noise-induced hearing loss associates with the severity of tinnitus. *Int J Environ Res Public Health* 7:3071–9 . doi: 10.3390/ijerph7083071
170. Ruckenstein MJ, Hedgepeth C, Rafter KO, et al (2001) Tinnitus suppression in patients with cochlear implants. *Otol Neurotol* 22:200–4
171. Hiller W, Goebel G (2007) When tinnitus loudness and annoyance are discrepant: audiological characteristics and psychological profile. *Audiol Neurootol* 12:391–400 . doi: 10.1159/000106482
172. Rauschecker JP, Leaver AM, Mühlau M (2010) Tuning out the noise: limbic-auditory interactions in tinnitus. *Neuron* 66:819–26 . doi: 10.1016/j.neuron.2010.04.032
173. Andersson G, McKenna L (2006) The role of cognition in tinnitus. *Acta Otolaryngol* 126:39–43 . doi: 10.1080/03655230600895226
174. Mohamad N, Hoare DJ, Hall DA (2016) The consequences of tinnitus and tinnitus severity on cognition: A review of the behavioural evidence. *Hear Res* 332:199–209 . doi: 10.1016/j.heares.2015.10.001
175. Uhlmann RF, Larson EB, Rees TS, et al (1989) Relationship of Hearing Impairment to Dementia and Cognitive Dysfunction in Older Adults. *JAMA J Am Med Assoc* 261:1916–1919 . doi: 10.1001/jama.1989.03420130084028
176. Lin FR, Yaffe K, Xia J, et al (2013) Hearing loss and cognitive decline in older adults. *JAMA Intern Med* 173:293–299 . doi: 10.1001/jamainternmed.2013.1868
177. Knopke S, Olze H (2018) Hörrehabilitation mithilfe von Cochleaimplantaten und kognitive Fähigkeiten. *HNO* 66:364–368 . doi: 10.1007/s00106-017-0423-z
178. Hänsel F, Baumgärtner SD, Kornmann JM, Ennigkeit F (2016) Kognition. In: *Sportpsychologie*. Springer Berlin Heidelberg, pp 23–52
179. Whalley LJ, Deary IJ, Appleton CL, Starr JM (2004) Cognitive reserve and



- the neurobiology of cognitive aging. *Ageing Res Rev* 3:369–382 . doi: 10.1016/j.arr.2004.05.001
180. Vega A (1977) Present neuropsychological status of subjects implanted with auditory prostheses. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 86:57–60 . doi: 10.1177/00034894770860s307
181. Wexler M, Berliner KI, Miller LW, Crary WG (1982) Psychological effects of cochlear implant: patient and “index relative” perceptions. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 91:59–61
182. Mosnier I, Bebear J-PP, Marx M, et al (2015) Improvement of cognitive function after cochlear implantation in elderly patients. *JAMA Otolaryngol - Head Neck Surg* 141:442–450 . doi: 10.1001/jamaoto.2015.129
183. Völter C, Götze L, Dazert S, et al (2018) Can cochlear implantation improve neurocognition in the aging population? *Clin Interv Aging* 13:701–712 . doi: 10.2147/CIA.S160517
184. Zhan KY, Lewis JH, Vasil KJ, et al (2020) Cognitive Functions in Adults Receiving Cochlear Implants: Predictors of Speech Recognition and Changes after Implantation. *Otol Neurotol* 41:e322–e329 . doi: 10.1097/MAO.0000000000002544

## 6 Danksagung

An dieser Stelle danke ich allen Personen, die mich bei meinem Vorhaben begleiteten, die Lehrbefähigung im Fachgebiet Hals-Nasen-Ohrenheilkunde zu erlangen.

Mit besonderem Dank hebe ich die Unterstützung von Frau Prof. Dr. Heidi Olze hervor, die meinen wissenschaftlichen Werdegang entscheidend prägte und mir das Thema der Cochlea-Implantat-Versorgung bei Älteren für die Forschung und Habilitation überlies.

Zudem bin ich sehr dankbar über die langjährige Zusammenarbeit mit den Audiologen Dr. Stefan Gräbel und Martin Bischoff, was mich auf verschiedene Weise bereicherte und ohne deren herzliche Betreuung der Patienten diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Herrn PD Dr. Arne Böttcher danke ich für die Zusammenarbeit und allzeitlich kritische Beratung, dessen konstruktive Ratschläge zu einer stetigen Verbesserung der Arbeit beitrugen.

Ebenfalls stand mir Frau Prof. Dr. Agnieszka Szczepek unermüdlich bei der Bearbeitung wissenschaftlicher Fragestellungen mit Rat und Tat zur Seite, wofür ich mich hier vielmals bedanke.

Nicht zuletzt richte ich meinen Dank an die vielen Patienten, ohne deren Einverständnis und Bereitschaft diese Arbeit nicht realisierbar gewesen wäre.

Meiner Familie gebührt besonderer Dank für den Rückhalt in allen Bereichen.

## 7 Erklärung

### § 4 Abs. 3 (k) der HabOMed der Charité

Hiermit erkläre ich, dass

- weder früher noch gleichzeitig ein Habilitationsverfahren durchgeführt oder angemeldet wurde,
- die vorgelegte Habilitationsschrift ohne fremde Hilfe verfasst, die beschriebenen Ergebnisse selbst gewonnen sowie die verwendeten Hilfsmittel, die Zusammenarbeit mit anderen Wissenschaftlern/ Wissenschaftlerinnen und mit technischen Hilfskräften sowie die verwendete Literatur vollständig in der Habilitationsschrift angegeben wurden,
- mir die geltende Habilitationsordnung bekannt ist.

Ich erkläre ferner, dass mir die Satzung der Charité – Universitätsmedizin Berlin zur Sicherung Guter Wissenschaftlicher Praxis bekannt ist und ich mich zur Einhaltung dieser Satzung verpflichte.

Datum

Unterschrift