

Subjektive Hörverbesserung durch Cochleaimplantatversorgung

Hals-Nasen-Ohren-Klinik, Kopf- und
Halschirurgie
Abteilung Audiologie

Der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg
zur
Erlangung des Doktorgrades Dr. med.
vorgelegt von
Nadine Caroline Volleth

Erlangen, 2020

**Als Dissertation genehmigt von der
Medizinischen Fakultät der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg**

Vorsitzender des Promotionsorgans: Prof. Dr. Markus Neurath

Gutachter: Prof. Dr. Dr. Ulrich Hoppe

Gutachter: Prof. Dr. Michael Döllinger

Tag der mündlichen Prüfung: 21. Januar 2020

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung.....	1
1.1 Hintergrund und Ziele.....	1
1.2 Material und Methoden	1
1.3 Ergebnisse und Beobachtungen.....	2
1.4 Schlussfolgerungen.....	2
2. Abstract	3
2.1 Background and Objectives	3
2.2 Materials and Methods	3
2.3 Results and observations.....	3
2.4 Conclusions	4
3. Hintergrund/Aktuelle Versorgungslage/ Situation	5
4. Anatomie des Ohres und Weg des Schalls	7
5. Physikalische Grundlagen.....	8
6. Arten der Schwerhörigkeit.....	8
7. Subjektive Erfassung und objektivere Messmethoden im Bereich der CI- Versorgung....	9
7.1 Subjektive Erfassung durch Fragebögen.....	9
7.2 Objektivere Erfassung durch Messmethoden.....	10
7.2.1 Tonaudiogramm	10
7.2.2 Sprachaudiogramm und Freiburger Einsilberversuchen.....	11
8. Das Cochlea-Implantat	12
8.1 Indikationen	12
8.2 Kontraindikationen.....	14
8.3 Zeitpunkt der Ertaubung.....	15
8.4 Vorzüge.....	16
8.5 Ursachen	16
8.6 Funktionsweise /Aufbau.....	18
8.7 Operation.....	19
8.8 Rehabilitation und Nachsorge.....	21
8.9 Selbsthilfe	22
9. Zusammenfassung.....	23
10. Abkürzungsverzeichnis	25
11. Abbildungsverzeichnis.....	25
12. Literaturverzeichnis.....	26

13. Originalpublikation (Link): Subjektive Hörverbesserung durch Cochleaimplantat- versorgung.....	29
13.1 Hintergrund.....	
13.2 Patienten und Methoden.....	
13.2.1 Patienten	
13.2.2 Erfassung der hörbezogenen Lebensqualität (HISQUI19).....	
13.2.3 Ton- und Sprachaudiometrie.....	
13.3 Datenanalyse.....	
13.4 Ergebnisse	
13.4.1 Subjektive Einschätzung des Alltagshörens.....	
13.4.2 Ton-und Sprachaudiometrie.....	
13.4.3 Zusammenhang der Ergebnisse des HISQUI-Fragebogens und der Ton-und Sprachaudiometrie.....	
13.5 Diskussion	
13.5.1 HISQUI19 zur Bewertung der Hörgeräteversorgung	
13.5.2 HISQUI19 zur Bewertung der Cochleaimplantatversorgung	
13.5.3 Subskalen des HISQUI19.....	
13.6 Fazit für die Praxis	
13.7 Einhaltung ethischer Richtlinien.....	
13.8 Literaturverzeichnis.....	
14. Danksagung.....	

1. Zusammenfassung

1.1 Hintergrund und Ziele

Erste Versuche ein elektrisches Hören zu erreichen liegen um das Jahr 1800.

Am 25. Februar 1957 wurde in Paris das erste funktionierende Cochlea-Implantat eingesetzt. Es sind nach Stand 01. März 2016 weltweit ca. 500.000 Menschen mit einem Cochlea-Implantat versorgt, davon ca. 45.000 in Deutschland lebend.

Die Ursachen einer Ertaubung sind vielfältig. Mit wachsender Erfahrung bei der Cochlea-Implantation wurde die Indikation zunehmend erweitert. Bei der Operation geht die Tendenz zu immer minimal-invasiveren und schonenderen Verfahren. Der Rehabilitation kommt ein besonders hoher Stellenwert zu.

Zur Beurteilung der Lebensqualität bei audiologischen Maßnahmen wurden in den vergangenen Jahrzehnten zahlreiche Fragebogeninventare erstellt. Speziell für die Cochlea-Implantat-Versorgung wurde der Hearing Implant Sound Quality Index (HISQUI) entwickelt. Ziel dieser Studie war es, das Maß der subjektiven Hörverbesserung durch die Cochlea-Implantat-Versorgung darzustellen und dieses in Korrelation zu audiometrischen Messmethoden wie Ton- und Sprachaudiogramm zu setzen.

1.2 Material und Methoden

Die prä- und postoperativen Daten von 57 mit Cochlea-Implantaten (CIs) versorgten Patienten an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) wurden im Rahmen dieser Studie retrospektiv ausgewertet. Zur Einschätzung des subjektiven Hörvermögens wurde der HISQUI-Fragebogen mit 19 Fragen herangezogen. In die Auswertungen miteingeschlossen wurden die Punktwerte des HISQUI₁₉-Fragebogens vor und nach der Operation. Tonaudiogramm und Einsilberverstehen im Freiburger Test wurden als audiometrische Maße des Hörvermögens verwendet. Dabei wurden das Einsilberverstehen vor und nach der Operation und die mittlere Tonhörschwelle des besseren Ohres vor der Operation ermittelt.

1.3 Ergebnisse und Beobachtungen

Der Median des HISQUI-Scores stieg durchschnittlich von 53,0 vor der Operation auf 69,0 nach der Operation. Auch in allen sieben Subskalen des Fragebogeninventars wurde eine signifikante Verbesserung der Einschätzung nachgewiesen. Im Freiburger Einsilbertest lag der Mittelwert des Sprachverstehens des besseren Ohres bei 65 dB vor der Operation bei 39,0 % [\pm 29,5 % SD], der Mittelwert des CI-Ohres nach der Operation bei 60,0 % [\pm 22,8 % SD]. Eine Korrelation von HISQUI-Scores und Einsilberverschöhen war vor der Operation mit $r_{sp} = 0,53$ und nach der Operation mit $r_{sp} = 0,36$ zu verzeichnen. Zudem korrelierte der 4FPTA (= four frequency pure tone average)-Wert des besseren Ohres negativ mit $r_{sp} = -0,48$ mit dem HISQUI-Gesamtscore vor der Operation. Eine signifikante Korrelation zwischen dem HISQUI₁₉, sowohl präoperativ als auch postoperativ, und dem Implantationsalter ($p = 0,23$ und $p = 0,84$), dem Hörverlust in Jahren ($p = 0,67$ und $p = 0,98$) und dem Geschlecht ($p = 0,48$ und $p = 0,97$) oder postoperativ mit der CI-Seite ($p = 0,21$), war nicht zu verzeichnen ($p > 0,05$).

1.4 Schlussfolgerungen

Nahezu alle Patienten erreichten durch die CI-Versorgung eine Verbesserung des Hörvermögens sowohl in ihren subjektiven Einschätzungen als auch in dem unter identischen Bedingungen gemessenem Sprachverstehen. Die geringste Verbesserung findet sich in der Subskala zur *Sprecherunterscheidung* (SU). Dies ist zu erwarten, da bei der Stimmerkennung die Frequenzauflösung eine besondere Rolle spielt und diese bei CI-Systemen eher schlecht ist.

Die mäßige Korrelation von subjektiven und objektiven Messmethoden unterstreicht die Bedeutung der Erhebung von Daten zur subjektiven Lebensqualität und Zufriedenheit der Patienten. Durch eine Kombination von subjektiven Aussagen und Sprachverstehensmessungen erhält man ein umfassenderes Bild der Hörleistungen von CI-Trägern. Unzufriedenheit der Patienten kann dadurch zeitnah erkannt, analysiert und behoben werden.

2. Abstract

2.1 Background and Objectives

First attempts to achieve electric hearing have been made since the beginning of the 19th century. On 25 February 1957, the first functioning cochlear implant was inserted. As of March 2016, about 500,000 people worldwide were fitted with cochlear implants, 45.000 in Germany alone. The causes of deafness are diverse. Increasing cochlear implant experience expanded its indication. The surgery itself is becoming increasingly less invasive and more gentle procedures are applied. Particularly high priority is given to rehabilitation.

During the past decades various questionnaires were developed to evaluate the quality of life within audiological measures. The Hearing Implant Sound Quality Index (HISQUI) was generated specifically for cochlear implantation. The objective of this study was to demonstrate subjective hearing improvement through cochlear implantation and to correlate the results with audiometric measuring methods such as pure-tone and speech audiometry.

2.2 Materials and Methods

Within the framework of this study, pre- and postoperative data of 57 patients supplied with cochlear implants (CIs) were analyzed retrospectively before and after cochlear implantation at the Friedrich-Alexander-University Erlangen-Nürnberg (FAU). The HISQUI questionnaire consisting of 19 questions was used as reference to evaluate the subjective hearing ability. The scores of the HISQUI₁₉ were included in the evaluation pre- and post-operationally. Pure-tone audiometry and the Freiburger monosyllable word test were used as audiometric measurements of the hearing ability. The Freiburger monosyllable word test was recorded pre- and post-operationally, the 4FPTA (= four frequency pure tone average) of the better ear was recorded pre-operationally.

2.3 Results and observations

On average, the mean HISQUI score increased from 53.0 pre-operationally to 69.0 post-operationally. Additionally, there was a significant improvement in all seven subgroups of the questionnaire divisions. In the Freiburger monosyllable word test

the mean value of speech understanding of the better ear at a sound level of 65 dB was 39.0 % [\pm 29.5 % SD] pre-operationally, the mean value of the CI-implanted ear was 60.0 % [\pm 22.8 % SD] post-operationally. A correlation of $r_{sp} = 0.53$ before the implantation and $r_{sp} = 0.36$ after the implantation between HISQUI scores and the Freiburg monosyllable word test was recorded. In addition the 4FPTA (= four frequency pure tone average) of the better ear correlates negatively with $r_{sp} = -0.48$ with the HISQUI total score before the surgery. There was no significant correlation between HISQUI₁₉ and the age at implantation ($p = 0.23$ and $p = 0.84$), the hearing loss in years ($p = 0.67$ and $p = 0.98$) and the gender ($p = 0.48$ and $p = 0.97$) pre-operationally or post-operationally ($p > 0.05$). There was no significant correlation between HISQUI₁₉ and the side of implantation ($p = 0.21$) post-operationally ($p > 0.05$).

2.4 Conclusions

Almost all patients experienced improved hearing after their cochlear implantation, both in their subjective valuation and in their speech comprehension which was measured under identical conditions.

The least improvement is found in the subscale called "distinguishing between different voices/speakers". This is to be expected because frequency resolution plays an important part in voice authentication and frequency resolution is rather poor with CI Systems. The moderate correlation of both subjective and objective measurement methods underlines the significance of enquiring the patients' subjective perception and satisfaction. It is possible to get a comprehensive idea of the CI-recipients' hearing performance through the combination of subjective statements and measurements of speech comprehension.

3. Hintergrund/Aktuelle Versorgungslage/Situation

Die Anfänge des Cochlea-Implantates liegen bereits um das Jahr 1800: Alessandro Volta, ein italienischer Physiker und Erfinder der Batterie, versuchte mit zwei mit Batterien verbundenen Drähten im äußeren Gehörgang ein elektrisches Hören zu erreichen und hörte in diesem Zuge ein Knistern [23]. Im Jahre 1855 benutzte Duchenne erstmals Wechselstrom für diese Art des Versuchs. Die Gemeinsamkeit dieser Untersuchungen zur Elektrostimulation des Hörnervs war, dass die Stimulation außerhalb des Innenohres, d. h. extrakochleär erfolgte [37]. In den 1930er Jahren beschrieben Stevens und seine Kollegen an der Harvard Universität dann unter anderem den Mechanismus, dass ein intaktes Corti-Organ auf elektrische Erregung mit Wechselstrom mechanisch antwortet, was dabei half, ein nicht-funktionierendes Corti-Organ eines tauben Ohres bei Ausbleiben der mechanischen Antwort zu identifizieren [14, 15].

Gegen Ende der 1950er Jahre begann die weltweite Bewegung, Höreindrücke mittels elektrischer Anregung des Hörnervs auszulösen. Der Physiker André Djourno und der Otologe Charles Eyriès entwickelten 1957 das erste funktionierende Cochlea-Implantat [37]. Am 25. Februar 1957 wurde es in Paris einem gehörlosen Patienten implantiert, welcher durch ein Cholesteatom beidseits ertaubt war. Er konnte im Anschluss daran wieder Höreindrücke wie Knirschen oder Pfeifen wahrnehmen, jedoch noch keine Sprache, sondern nur einzelne Wörter über Mikrofone erkennen. Das Implantat bestand aus einer singulären implantierten Elektrode, welche direkt am freigelegten Hörnerv platziert wurde, und besaß schon die Technik der transkutanen Informationsübertragung von der äußeren Sende- zur inneren Empfängerspule [15]. Daraufhin wurde im folgenden Jahrzehnt in den Vereinigten Staaten zunächst mit einkanaligen, aber im Verlauf erstmals auch mit mehrkanaligen Stimulationselektroden gearbeitet. Vorreiter dabei waren die amerikanischen Chirurgen John M. Doyle und William F. House sowie der Elektronikingenieur James Doyle, der Bruder John M. Doyles [15].

In den 1970ern nahm Claude-Henri Chouard, ein Assistent von Eyriès, in Frankreich den Faden der Entwicklung von Cochlea-Implantaten wieder auf. Er erreichte weltweite Anerkennung in den späten 70er Jahren, da es ihm und seinem Team gelang, ein fünfkanaliges Cochlea-Implantat zu entwickeln und dieses mittels

einzelner Bohrlöcher in die Cochlea einzuführen anstatt an den freien Hörnerv anzulagern [23]. Zu etwa der gleichen Zeit beschrieben der Otologe Zöllner und der Sinnesphysiologe Keidel die für ein sprachvermittelndes Implantat nötigen Voraussetzungen wie beispielsweise eine Anzahl von 20–100 Elektroden, eine Ortskodierung, eine transkutane Übertragung, die intrakochleäre Platzierung, die Elektrodenart inkl. Durchmesser sowie die Verteilung über den Frequenzbereich von 300–3000 Hertz. Eine für diese Zeit wegberreitende Leistung, wenn man bedenkt, dass dies im Jahre 1963 war und den heutigen Anforderungen und Standards sehr nahekommt [23]. Zum Ende der 1960er und Beginn der 1970er Jahre begannen Kliniken der USA vermehrt, Cochlea-Implantate einzusetzen. Wegbereiter waren unter anderem Simmons an der Stanford University, House und Urban in Los Angeles und Michelson und Merzenich in San Francisco. Einig war man sich in Bezug auf die Notwendigkeit einer intrakochleären Stimulation [15, 23]. Ebenfalls in den 1970ern begannen Burian, Hochmair-Desoyer und Hochmair mit der Entwicklung von mehrkanaligen Cochlea-Implantaten an der Technischen Universität in Wien [23, 37]. Ein entscheidender Schritt gelang 1978 Professor Graeme Clark in Melbourne, Australien. Er implantierte ein mehrkanaliges intrakochleäres System mit transkutaner Übertragung und tragbarem Sprachprozessor nach Jahren intensiver Studien. Der Otorhirurg und Physiologe ermöglichte seinen implantierten Patienten bereits wieder zu hören bzw. ein Sprachverständnis ohne Zuhilfenahme des Lippenlesens zu erlangen [15, 23, 30]. Am 26. Juli 1984 fand die erste Cochlea-Implantat-Operation in Deutschland statt [7]. An diesem Tag begann Professor Lehnhart an der Medizinischen Hochschule in Hannover (MHH), CI-Modelle mit dem in Australien entwickelten Nucleus-System bei Erwachsenen erfolgreich zu implantieren. Der Beginn der Implantation bei Kleinkindern folgte dort im Mai 1988 [7, 23, 26]. Aus diesen Erfolgen heraus wurde im Juli 1990 das Cochlea Implant Centrum (CIC) in Hannover gegründet und der Beginn der bundesweiten klinischen Versorgung geschaffen [7].

Stimulations-, Sprachverarbeitungssysteme und Operationstechniken wurden seitdem im Laufe der Jahre optimiert, die CI-Geräte in diesem Zuge immer leistungsfähiger [5, 9]. Die heutigen Cochlea-Implantate bieten durch bis zu 22 Kanäle die Möglichkeit, eine Vielzahl von Tonhöhen im Bereich zwischen 100 Hz und

8–10 kHz zu unterscheiden, sodass versucht wird, eine Wahrnehmung von Worten und Musik auf eine möglichst natürliche Art und Weise zu schaffen [20, 32, 47].

Derzeit bieten mehr als 80 Kliniken in Deutschland CI-Operationen an [39]. Es sind nach Stand 01. März 2016 weltweit ca. 500.000 Menschen mit einem Cochlea-Implantat versorgt, davon ca. 45.000 in Deutschland lebend [12].

4. Anatomie des Ohres und Weg des Schalls

Das äußere Ohr empfängt und bündelt den Schall und leitet ihn bis zum Mittelohr, wo das in Schwingungen versetzte Trommelfell die Bewegung auf Hammer, Amboss und Steigbügel überträgt. Letzterer leitet die Schwingungen über das ovale Fenster an die Cochlea weiter. Das Mittelohr soll eine verlustarme Impedanzanpassung gewährleisten. Dem ovalen Fenster schließt sich die Scala vestibuli der Cochlea an, welche sich am Helicotrema in die Scala tympani fortsetzt und an der Membran des runden Fensters endet. Neben der mit Perilymphe gefüllten Scala vestibuli und Scala tympani existiert die das Corti-Organ und Endolymphe enthaltende Scala media. Diese ist apikal durch die Reissner-Membran von der Scala vestibuli und basal durch die Basalmembran von der Scala tympani getrennt. Die durch den ankommenden Schall in Schwingung versetzte Perilymphe überträgt diesen über die Basilarmembran auf die Endolymphe und verschiebt Tektorial- gegenüber Basilarmembran, wodurch Ionenströme ausgelöst werden und die äußeren Haarzellen depolarisieren. Von den äußeren Haarzellen erfolgt eine Signalweitergabe an die inneren Haarzellen und über die Ausschüttung des Transmitters Glutamat letztendlich eine Aktivierung des Hörnervs. Der Ort der maximalen Auslenkung der Endolymphe ist für die Wellenlänge des Tones entscheidend: Je tiefer der Ton, desto weiter an der Spitze der Cochlea liegt die Auslenkung.

Der Hörnerv leitet größtenteils gekreuzt mittels Umschaltung über diverse Neurone die Signale über die beiden oberen Olivenkomplexe, den Colliculus inferior des Mittelhirns und den Thalamus zum primär auditorischen Kortex in den Gyri temporales transversus, wo die Signale nun bewusst wahrgenommen werden. In Nachbarschaft liegt die über Efferenzen und Afferenzen verbundene sekundäre

Hörrinde, welche für die weitere Verarbeitung der Hörinformation sorgt [18, 24, 25, 28, 31, 34, 41].

5. Physikalische Grundlagen

Schall beschreibt Druckwellen, die von einem schwingenden Körper ausgehen und sich im umgebenden gasförmigen, flüssigen oder festen Medium ausbreiten [18, 28].

Als Frequenz bezeichnet man die Anzahl an Schwingungen pro Sekunde. Dies wird in Hertz (Hz) gemessen. Je höher die Frequenz, desto höher wird der Ton empfunden [16, 18].

Die Amplitude sagt aus, wie weit ein schwingender Körper aus seiner Ruhelage ausgelenkt wird. Je größer die Amplitude, desto lauter wird ein Ton wahrgenommen. Um diese Lautstärke messbar zu machen, wurde der in Pascal gemessene Schalldruck logarithmisch zu dem leichter überschau- und skalierbarem Schalldruckpegel umgewandelt. Dieser wird nun in Dezibel angegeben und gilt als Maß für die Lautstärke [16, 18, 28].

„Als Ton (auch <<Reinton>>) im physikalischen Sinne bezeichnet man eine Sinusschwingung (harmonische Schwingung). Diese besteht aus einer einzigen, definierten Frequenz und wird im Spektrum durch eine einzelne Linie dargestellt. Sinustöne kommen in der Natur praktisch nicht vor.“ [18]

Ein Klang hingegen setzt sich aus einer Grundfrequenz und Obertönen (= ganzzahlige Vielfache) zusammen, was einen komplexeren – allerdings stets periodischen – Schwingungsvorgang voraussetzt [18, 34].

Im Gegenzug dazu handelt es sich bei einem Geräusch um eine nicht-periodische Schwingung, die sich nicht in einzelne Teiltöne zerlegen lässt [18, 34].

6. Arten der Schwerhörigkeit

Unterscheiden lassen sich Schallleitungs-, Schallempfindungs- und kombinierte Schwerhörigkeit.

Bei der Schallleitungsschwerhörigkeit liegt ein Problem der Schallübertragung im äußeren Ohr oder dem Mittelohr vor [34, 41]. Der maximale Hörverlust liegt im Bereich zwischen 70–80 dB [18]. Bei genügender Verstärkung wird jedoch meist 100%ige Verständlichkeit erreicht [25].

Bei der Schallempfindungsschwerhörigkeit liegt entweder ein Defekt der Umwandlung des Schalls in elektrische Impulse in der Cochlea im Innenohr vor oder es gibt ein Problem der Schallweiterleitung kochleär oder retrokochleär. Retrokochleär umfasst sowohl die neurale, d. h. die den Hörnerv betreffende, als auch die zentrale Schwerhörigkeit. Oft wird trotz maximaler Verstärkung keine 100%ige Verständlichkeit erreicht. Welche Art der Schallempfindungsschwerhörigkeit – kochleär oder retrokochleär – vorliegt, kann mittels weiterer audiologischer Tests bestimmt werden [18, 25, 41].

Die kombinierte Schwerhörigkeit bezeichnet die Mischung aus beiden eben aufgeführten Schwerhörigkeitsarten [18].

An dieser Stelle wären noch weitere, spezifischere Hörstörungen zu nennen, welche jedoch den Umfang dieser Arbeit überschreiten würden. Sie tragen nicht in relevanter Form zum Verständnis der Arbeit bei.

7. Subjektive Erfassung und objektivere Messmethoden im Bereich der CI- Versorgung

7.1 Subjektive Erfassung durch Fragebögen

Valide, standardisierte Fragebögen stellen eine sehr gute Möglichkeit dar, den subjektiven Versorgungserfolg beurteilen zu können. Sie werden im besten Fall prä- und postoperativ erhoben, um den Unterschied in Hörwahrnehmung in Bezug auf einzelne Bereiche vor und nach der Operation detailliert aufzeigen zu können. Sie versuchen unterschiedliche Aspekte und Situationen des alltäglichen Lebens wie Radio hören, telefonieren oder fernsehen zu erfassen. Somit fungieren sie als Ergänzung zu der audiometrisch gemessenen Hörleistung. Der in dieser Studie zentrale Fragebogen nennt sich HISQUI₁₉, welcher zunächst für deutschsprachige

CI- Patienten, im Verlauf auch für spanische, niederländische und portugiesische CI-Träger validiert und als geeignet erachtet wurde [3, 10, 11, 29]. Dieser Test beansprucht ca. 10 Minuten Zeit [3]. Ausführliche Angaben zu Inhalt und Aufbau des HISQUI₁₉ finden sich im Rahmen der nachfolgenden Publikation.

7.2 Objektivere Erfassung durch Messmethoden

„Die *Audiologie* ist die Wissenschaft vom Hören; sie beschäftigt sich mit den grundlegenden Phänomenen des normalen und des krankhaft veränderten Gehörs sowie mit dem hörgestörten Individuum. Aufgabe der *Audiometrie* ist die Messung des Hörvermögens, d. h. die zahlenmäßige Erfassung des Sinnesorgans <<Ohr>>.“ [18]

Die durchschnittliche, normale Hörschwelle, d. h. der Punkt, an dem ein Ton hörbar wird, liegt bei ca. 0 dB, die Unbehaglichkeitsschwelle bei ca. 110 dB, die Schmerzschwelle bei ca. 130 dB. Wenn lautere Töne als normalerweise zum Erreichen der Schwellen nötig sind, spricht man von einem Hörverlust [41]. Der Hauptsprachbereich, in welchem die höchste Empfindlichkeit des Ohres vorliegt, bewegt sich zwischen 1.000 Hz und 4.000 Hz. In den für den Menschen hörbaren Frequenzbereichen (20–20.000 Hz) ober- und unterhalb des Hauptsprachbereichs sind höhere Schalldruckpegel für den gleichen Höreindruck nötig [18].

7.2.1 Tonaudiogramm

Meist wird das Tonaudiogramm über Kopfhörer für beide Ohren getrennt ermittelt. Man versteht darunter eine Hörschwellenkurve, welche nach Präsentation von Sinustönen verschiedener Frequenzen in ein genormtes Koordinatensystem eingetragen wird. Die x-Achse gibt die Frequenz in Kilohertz an, die y-Achse den Schalldruckpegel in Dezibel. Frequenzen zwischen 125 Hz und 8 kHz in Intervallen von Oktaven oder halben Oktaven werden dem Patienten präsentiert. Wichtig dabei ist die Ausschaltung von Umgebungsgeräuschen, welche sonst zu einer Ergebnisverfälschung führen können. Unterschieden werden Luft- und Knochenleitungskurve: Bei letzterer wird der Schall unter Umgehung des Schallleitungsapparates direkt auf den Warzenfortsatz mittels Knochenhörer

übertragen. Die Luftleitungskurve beschreibt den regulären Weg des Schalls über äußeres Ohr, Mittel- und Innenohr nach Präsentation über Kopfhörer [18, 25, 34] .

Je nach Art der Schwerhörigkeit (s. o.) verändert sich die Kurve für Knochen- und Luftleitung nach einem bestimmten Muster. So findet sich bei der Schallleitungsschwerhörigkeit neben einer normalen Knochenleitungskurve eine abgesunkene Luftleitungskurve. In gleichem Maße abgesunken sind beide Kurven bei der Schallempfindungsschwerhörigkeit. Bei der kombinierten Schwerhörigkeit ist auch ein Absinken beider Kurven zu beobachten, das Absinken der Luftleitungskurve im Verhältnis jedoch deutlich ausgeprägter [18, 25].

7.2.2 Sprachaudiogramm und Freiburger Einsilberverstehen

Die Sprachaudiometrie hat größte Bedeutung für die Rehabilitation und Anpassung von Hörgeräten. „Die Sprachaudiometrie misst im Allgemeinen nicht die Hörschwelle für Sprachsignale, sondern das Sprachverständnis.“[34]

Die Worte mit einer oder mehreren Silben oder auch Sätze werden entweder beiden oder je einem Ohr präsentiert. Die Aufgabe des Patienten besteht darin, das Verstandene zu wiederholen. Die daraus erstellte Sprachverständlichkeitskurve des Sprachaudiogrammes zeigt, wie viel Prozent der Worte bei verschiedenen Schallpegeln identifiziert werden konnten. Auch kognitive Fähigkeiten spielen bei diesem Test eine Rolle [34].

Einer der in der nachfolgenden Studie angewendete und einer der im deutschen Sprachraum wohl wichtigsten Tests ist das Freiburger Einsilberverstehen (FBE). Bei diesem werden dem Patienten 20 einsilbige Worte bei einem bestimmten Schalldruckpegel vorgespielt und der Prozentsatz der richtig verstandenen Worte eingetragen. Wiederholt man die Präsentation der Einsilber für verschiedene Schalldruckpegel entsteht daraus eine Sprachverständlichkeitskurve für Wörter, welche auch Diskriminationskurve genannt werden kann [34].

Die Lautstärke kann reguliert werden ohne die Klangfarbe zu verändern. „Normalhörende erreichen eine 100%ige Sprachverständlichkeit bei einem

Sprachschallpegel von etwa 50 dB SPL, d. h. der Diskriminationsverlust beträgt dann 0 %.“ [34]

In der vorliegenden Arbeit wurde die Sprachverständlichkeit für Einsilber in Prozent stets bei einem Schalldruckpegel von 65 dB bestimmt und ausgewertet. „Er entspricht etwa dem Pegel, der bei einer Zweierkommunikation in Ruhe auftritt.“ [21]

Die Zusammenschau von Ton- und Sprachaudiometrie ist essentiell, um mögliche Messfehler zügig identifizieren zu können.

Insgesamt ist es sehr wichtig anzumerken, dass Ton- und Sprachaudiometrie alleine nie die gesamte Lebenswirklichkeit aufzeigen können, weshalb die Ergänzung um das subjektiv erlebte Hören im Alltag durch geeignete Fragebögen unabdingbar ist [44].

8. Das Cochlea-Implantat

Das Cochlea-Implantat ist ein Hilfsmittel, das zur direkten Hörnervstimulation in die Gehörschnecke implantiert wird, damit ist es eine „elektronische Reizprothese zu Ersatz des ausgefallenen Sinnesorganes Innenohr.“ [24]

8.1 Indikationen

Zunächst einmal ist zu betonen, dass die Indikationen für ein Cochlea-Implantat mit fortschreitender Entwicklung seit den 1980er Jahren einem stetigen Wandel unterliegen. Es hat sich im Verlauf gezeigt, dass ein Benefit der Implantation bei der Indikationserweiterung auf verschiedene Abstufungen der Hörrestigkeit und später auch auf Schwerhörigkeit verschiedenen Ausmaßes gegeben ist. Außerdem werden Kinder nicht nur immer früher, sondern auch Erwachsene im immer höheren Lebensalter implantiert [14, 26].

Das Cochlea-Implantat ist dann wirkungsvoll, wenn nur noch wenige oder keine Haarzellen vorhanden sind, welche Schwingungen in bioelektrische Signale umwandeln können, gleichzeitig jedoch der Hörnerv intakt oder teilweise intakt ist [35]. Dabei kann es sich um eine postlinguale, d. h. erworbene oder kongenitale,

d. h. bereits angeborene Ertaubung handeln (s. u.). Voraussetzung ist stets die erhaltene Leitfähigkeit des Hörnervs und die intakte zentrale Hörbahn. Eine insuffiziente Hörgeräteversorgung mit einer Unterschreitung des altersüblichen Sprachverstehens im FBE um ein je nach Zentrum festgelegtes Ausmaß trotz optimaler Einstellung, eine gestiegene Hörschwelle und ein тонаudiometrisch nachweisbarer Hörverlust bestimmten Ausmaßes sind wichtige Kriterien [22, 34, 42, 45, 46].

Man muss allerdings beachten, dass diese detaillierten Kriterien einer stetigen Veränderung unterworfen sind. Voraussetzung für die Indikation sind eine hohe Lernbereitschaft und Motivation des Betroffenen [34, 35] sowie ein Verständnis für die Möglichkeiten und Grenzen eines CIs [33]. Ein unterstützendes soziales Umfeld, die psychosoziale Situation und die Rehabilitationsfähigkeit sind wichtige Faktoren [24, 45]. Im Falle einer Ertaubung nach Meningitis ist von der vorherigen bestmöglichen Hörgeräteversorgung als Indikationskriterium abzusehen und die Indikation direkt zu stellen [46].

„Die Indikation zur Cochlea-Implantat-Versorgung wird von folgenden Faktoren bestimmt:

- Lebensalter,
- Ertaubung und Ertaubungsdauer,
- Ausmaß des Hörverlustes und der Hörrestigkeit,
- Nachweis einer sensorischen Taubheit,
- Intaktheit des Hörnervs und der zentralen Hörbahnen,
- Anatomie des Innenohres,
- Ursache der Ertaubung,
- Vorliegen von Zusatzbehinderungen,
- allgemeiner Entwicklungszustand des Kindes,
- Allgemeinzustand bei Erwachsenen.“ [24]

Besonders wichtig ist es, dass ein standardisiertes diagnostisches Konzept vorliegt, anhand dessen interdisziplinär im Kreise von HNO-Ärzten, Ingenieuren, Radiologen,

Audiologen, Pädagogen, Psychologen und Logopäden für jedes Ohr separat bewertet werden kann, ob die Indikation gegeben ist. Die Patienten durchlaufen präoperativ einige Voruntersuchungen, um die Eignung einschließlich OP- und Narkosefähigkeit für eine CI-Operation abzuklären. Sowohl die Mindestanforderungen an die präoperative Diagnostik als auch möglicherweise durchzuführende ergänzende Untersuchungen finden sich in der AWMF-Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie [13]. Wichtig ist es hervorzuheben, dass bei jedem Patienten die Entscheidung zu einer Cochlea-Implantation eine individuelle bleibt [24] und für jeden Patienten ausführlich interdisziplinär evaluiert und unter Beleuchtung aller Gesichtspunkte getroffen werden muss [35].

8.2 Kontraindikationen

Absolute Kontraindikationen für eine Versorgung mit Cochlea-Implantaten sind die folgenden:

- „ ◦ Fehlende Cochlea oder fehlender Hörnerv (siehe zentral auditorische Implantate)
- ◦ Nicht sichergestellte postoperative Rehabilitation/Nachsorge
- ◦ Fehlende Rehabilitationsfähigkeit bei der CI-Versorgung
- ◦ Zentrale Taubheit mit Funktionsstörungen im Bereich der zentralen Hörbahnen“ [13].
- Relative Kontraindikationen für eine Versorgung mit Cochlea-Implantaten sind die folgenden:
 - „ ◦ Mittelohrinfektionen (nach Sanierung Implantation möglich)
 - ◦ Negativer subjektiver Promontoriumstest
 - ◦ Schwere Allgemeinerkrankungen
 - ◦ Therapieresistentes Krampfleiden“ [13].

8.3 Zeitpunkt der Ertaubung

Je länger ein Mensch ertaubt ist, desto mehr Hörnervenzellen degenerieren. Bei jahrzehntelanger Taubheit existiert im Schnitt noch 1/10 der ursprünglichen Ganglienzellen, doch diese Anzahl reicht für die Elektrostimulation mithilfe eines Cochlea-Implantates [24].

Bei der postlingualen Ertaubung nach dem 7. Lebensjahr hat sich das zentrale Hörsystem bereits vollständig ausgebildet, die synaptischen Verbindungen zwischen den Nervenzellen sind ausgereift. Bei Einsatz eines Cochlea-Implantates werden die Synapsen reaktiviert, die neuen Höreindrücke werden mit dem bereits Gespeicherten abgeglichen und Neues und bereits Gelerntes verbindet sich mit der Zeit [24]. Der Erfolg bei Erwachsenen ist folglich am größten bei einer Ertaubung von kurzer Dauer [34, 35].

Bei der prälingualen Ertaubung – d. h. diese findet entweder vor, um die Geburt herum oder nach der Geburt statt – haben sich das zentrale Hörsystem und damit die eben beschriebenen Synapsen noch nicht ausgebildet oder bilden sich aufgrund mangelnder Stimulation nur fehlerhaft aus. Dieser Prozess ist bei Implantation nach dem 7.–10. Lebensjahr kaum bis nicht reversibel. Durch die Implantation wird ein Hören ermöglicht, jedoch fehlt die Verarbeitung auf zentraler Ebene und somit das Verständnis [24].

Mit wachsender Erfahrung bei der Cochlea-Implantation bei Erwachsenen wurde die Indikation deshalb zunächst auf ältere, im Anschluss auf zunehmend jüngere Kinder erweitert. Durch frühe Implantation nach Eintritt der Taubheit kann die mangelhafte Synapsenentwicklung der Kinder weitgehend aufgehalten werden und es kann eine normalere Hör- und Sprachentwicklung resultieren [19].

Auch einseitig ertaubte Erwachsene und Kinder kommen mittlerweile für eine CI-Operation in Frage. Diese streng einseitige Ertaubung nennt sich Single-sided deafness (SSD) [7]. Hierbei ist das eine Ohr taub bzw. an Taubheit grenzend schwerhörig, das andere, bessere Ohr hat einen maximalen Hörverlust von 30 dB bei einer Frequenz bis 4 kHz [46].

8.4 Vorzüge

Mittels Cochlea-Implantat kann im Vergleich zum Hörgerät ein wesentlich breiterer Frequenzbereich stimuliert werden, wobei sich die Hörschwelle als weitgehend linear präsentiert. Aufgrund dieser Umstände fällt es den Betroffenen leichter hohe Töne wieder wahrzunehmen, auch wenn diese von relativ geringer Lautstärke sind [43]. „Auf diese Weise wird das Sprachverständnis auch bei niederen Schallpegeln wesentlich verbessert.“ [43]

8.5 Ursachen

Bei Betrachtung der Ursachen kochleärer Schwerhörigkeit möchte ich mich im Folgenden auf mögliche Ursachen bei Erwachsenen beziehen, da in der vorliegenden Arbeit das Patientenkollektiv aus Personen bestand, welche zum Zeitpunkt der Implantation bereits volljährig waren.

1. Innenohrschwerhörigkeiten können hereditär sein. Dabei sind bei Erwachsenen v. a. Formen vertreten, welche sich noch nicht bei der Geburt zeigten. Hereditäre, nicht-syndromale Schwerhörigkeiten bilden sich meist symmetrisch aus. Bei Erwachsenen ist dies meist ein langsam zunehmender Prozess [34].

2. Außerdem kann es durch zu laute und/oder zu lange akustische Belastung zu mechanischer Traumatisierung des Innenohres und somit v. a. durch eine Schädigung der Haarzellen zur Lärmschwerhörigkeit kommen. Klassischerweise ist v. a. bei Hintergrundgeräuschen ein Absinken der Hörschwelle zu erkennen, bei chronischer Lärmbelastung entsteht v. a. eine Hochtoninnenohrschwerhörigkeit [25, 34]. Der Hörverlust ist typischerweise beidseitig und von gleicher Intensität [2].

3. Weiterhin kann eine Labyrinthitis für eine Innenohrschwerhörigkeit ursächlich sein. Eine Infektion von außen kann über das Mittelohr über das runde oder ovale Fenster fortgeleitet werden, über das Blut durch eingeschwemmte Erreger wie Mumps-, Masern-, Zytomegalie- oder HI- Viren und Bakterien wie Spirochäten erfolgen oder sich durch eine sich entlang der Meningen ausbreitende Infektion entwickeln. Auch eine Reaktivierung in den Hirnnerven nach Erstinfektion verweilender Herpes-Zoster-Viren kann zu einer sensineuralen Schädigung führen. Im Falle einer Labyrinthitis treten oft Hör- und Gleichgewichtsstörung gemeinsam auf [2, 24, 34].

4. Auch toxische Substanzen sowohl endo- als auch exogen können das Innenohr schädigen. Dem Körper zugeführte Substanzen umfassen sowohl Medikamente, gewerblich-toxische Stoffe wie Lösungsmittel und Schwermetallverbindungen und Genuss- bzw. Suchtmittel wie Alkohol, Tabak oder auch Drogen. Als Beispiele für ototoxische Medikamente sind Aminoglykoside, Schleifendiuretika und Cisplatin hervorzuheben [2]. Endogene Substanzen können durch eine metabolische Störung, entstehen. In der Regel ist die durch Toxine verursachte Innenohrschwerhörigkeit auf beiden Seiten in ähnlichem Maße ausgeprägt [34].

5. Eine Innenohrschädigung kann auch durch autoimmune Prozesse entstehen. Typisch dafür ist ein rasch fortschreitender Hörverlust, oft beidseitig, aber hintereinander auftretend. Beispiele hierfür wären das Cogan-Syndrom und die Wegener-Granulomatose [34].

6. Ebenso ist es möglich, dass ein Labyrinthinfarkt zu einer gestörten Innenohrfunktion führen kann [34].

7. Zudem kann auch im Zusammenhang mit Störungen im Bereich des Stoffwechsels wie Hyperlipidämie, Folsäure- oder VitB12-Mangel und Urämie ein cochleärer Schaden entstehen [34].

8. Auch Otosklerose und die im Rahmen der Krankheit entstehenden toxischen Stoffwechselprodukte stellen eine Quelle der Ursachen dar. Klassischerweise zeigt sich ein langsam fortschreitender, ein- oder beidseitiger Hörverlust, Frauen sind doppelt so häufig betroffen [2]. Mit der Krankheit in vielen Fällen einhergehende Symptome sind Tinnitus und ein bei Lärm besseres Hörvermögen, was sich Paracusis Willisii nennt [25, 34].

9. Morbus Menière ist zunächst einmal bekannt durch die Symptomtrias aus Schwindel, meist vergesellschaftet mit Erbrechen, Tinnitus und vorübergehendem, mit Druckgefühl einhergehendem Hörverlust. Zu Beginn meist einseitig auftretend, ist im Verlauf häufig das zweite Ohr betroffen. In der Regel ist der Hörverlust fortschreitend und kann zu vollständiger Taubheit führen [2, 25].

10. Auch zahlreiche Syndrome gehen mit Hörstörungen einher. Neben dem Innenohr sind oftmals verschiedene andere Organe wie Auge, Niere, Schilddrüse und Herz betroffen [25].

11. Oftmals lässt sich die Ursache trotz einer umfassenden Diagnostik nicht genau eruieren. Zu dieser kochleären Schwerhörigkeit mit unbekannter Ursache zählen insbesondere die Presbyakusis, der idiopathische Hörsturz und die chronisch-progressive, idiopathische Innenohrschwerhörigkeit [34].

8.6 Funktionsweise /Aufbau

Im Allgemeinen besteht ein CI-System aus einer äußeren und einer implantierten Komponente. Der äußere Teil umfasst Mikrofon, Sprachprozessor, Sendespule und deren Verbindungen. Die implantierte Komponente setzt sich aus Empfängerspule und den jeweiligen Elektroden zusammen.

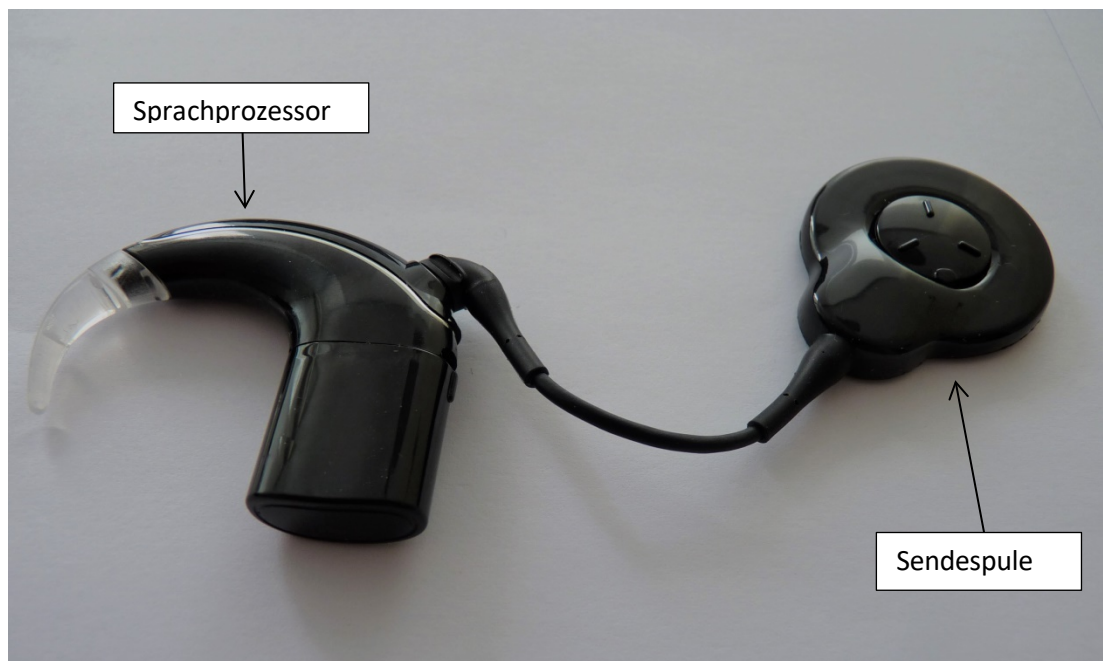


Abbildung 1: Äußere Komponente des Cochlea-Implantates

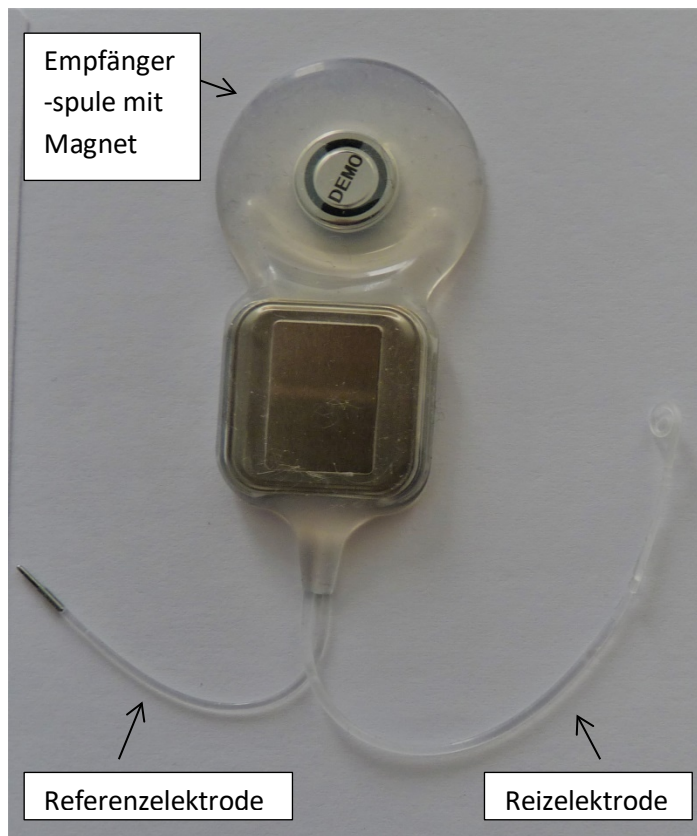


Abbildung 2: Implantierte Komponente des Cochlea-Implantates

Ein Mikrofon hinter dem Ohr nimmt die Schallwellen aus der Umgebung auf und überträgt sie auf den Sprachprozessor, welcher die zum Sprachverständnis notwendigen Sprachanteile selektiert, kodiert und in elektrische Impulse umwandelt. Von dort werden sie über die Sendespule durch die Haut an die implantierte Empfängerspule versandt, welche sie nach Dekodierung und Umwandlung in elektronische Signale über 22 in der Scala tympani liegende Elektroden an die Cochlea weitergibt und die Fasern des Hörnervs stimuliert. Eine extracochleäre Referenzelektrode kann die Stimulationsmöglichkeiten erhöhen. Nach der Stimulation des Hörnervs findet die weitere Signalverarbeitung physiologisch statt [6, 9, 25, 34].

8.7 Operation

Zunächst einmal ist zu sagen, dass sich die CI-Operationen in ihrer detaillierten chirurgischen Vorgehensweise unterscheiden können. Dies hängt unter anderem von Institution, Operateur und Patient ab. Die Tendenz geht zu immer minimal-invasiveren und schonenderen Verfahren, die ohne Qualitätseinbußen die

Operationszeit und Verweildauer im Krankenhaus verringern sollen [1, 5]. Allen gemeinsam ist jedoch ein zentraler Schritt: das atraumatische Einsetzen und rechtmäßige Platzieren der Elektroden innerhalb der Cochlea [5, 37]. Im Nachfolgenden ist zur Veranschaulichung eine mögliche Vorgehensweise bei der Cochlea-Implantation dargestellt.

Die Hautschnittführung unterlag in den letzten Jahrzehnten dem größten Wandel. Hat man in den 1990er Jahren noch den relativ großen C- bzw. J-Schnitt gepflegt, versucht man nun schonender zu arbeiten und die Schnittgröße gering zu halten ohne jedoch bei der Übersicht über das Operationsfeld Einbußen hinnehmen zu müssen [17]. Nun wird das Mastoid ausgebohrt, um Platz für das Elektrodenkabel zu ermöglichen und einen Zugang zu Mittel- und Innenohr herzustellen. Hinter dem Mastoid wird das eigentliche Implantat mit der Empfangselektronik und inklusive des Magnets in ein dafür ausgefrästes Knochenbett eingelassen. Im Anschluss erfolgt die posteriore Tympanotomie: es wird unter mikroskopischer Sicht und unter Schonung wichtiger Strukturen vom Mastoid aus ein direkter Zugang zum Mittelohr gebohrt. Von hier aus hat der Operateur einen direkten Aufblick auf den Verlauf der untersten Windung der Cochlea, das Promontorium. Um dorthin zu gelangen wird weiterhin mikroskopisch nun die Schneckenwand eröffnet – die sogenannte Cochleostomie – und der Zugang zum Innenohr ist nun geschaffen. Die Elektrode wird nach sehr vorsichtiger Abtragung des Knochens im Sinne einer „soft surgery“ unter bestmöglicher Erhaltung des Restgehöres in die Scala tympani der Cochlea eingeführt. Nach Fixation der Elektrode bspw. mittels Knochenzement und Abdichtung der Öffnung der Cochlea bspw. mit Fibrinkleber, findet intraoperativ eine Funktionsprüfung des Implantates und des Hörnervs statt. Ein Wundverschluss mittels Naht und die Anlage eines Verbandes stellen die letzten Schritte der Operation dar [4, 5, 17, 24].

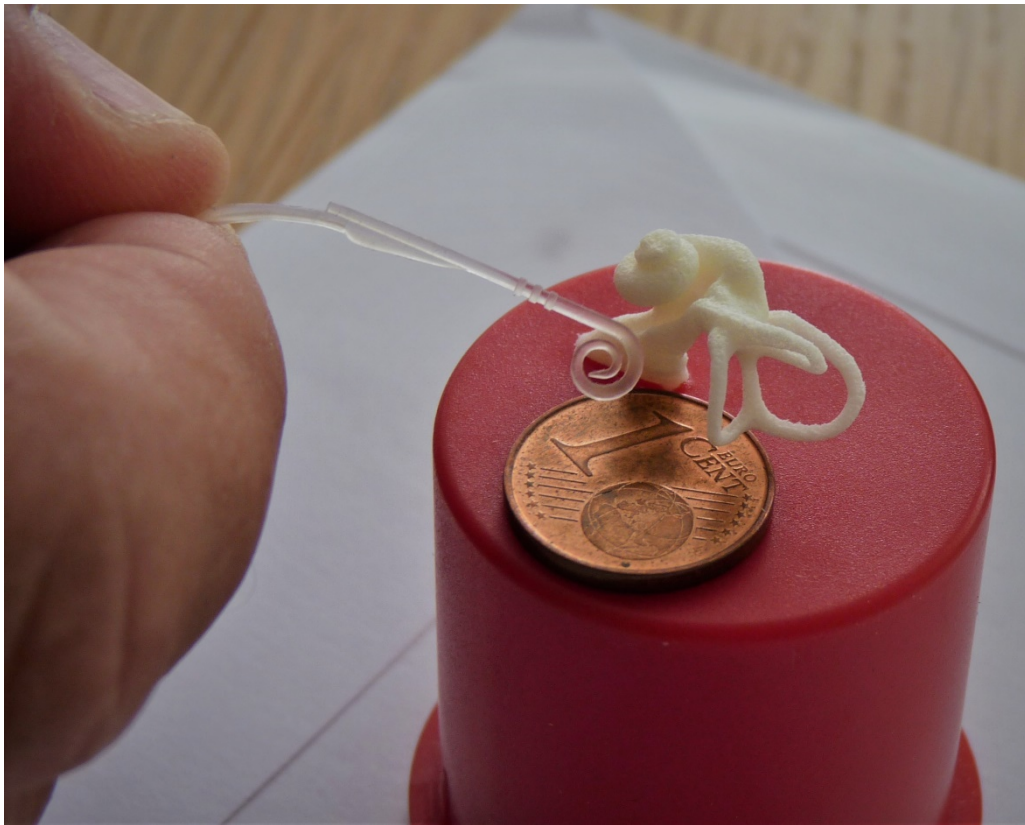


Abbildung 3: 3D-Innenohrmodell in Originalgröße mit in der Cochlea zu platzierender Reizelektrode

8.8 Rehabilitation und Nachsorge

„Rehabilitation umfasst eine Vielzahl aufeinander abgestimmter medizinischer, pädagogischer und sozialer Massnahmen zur Eingliederung ... in die Gesellschaft [9].“

In Bezug auf die Rehabilitation nach Cochlea-Implantat-Operation meint man damit speziell die Wiederherstellung oder Verbesserung der auditiven Kommunikation, die für soziale Interaktion, Gesundheit und Wohlbefinden des Patienten essentiell ist [34].

Circa 5 Wochen nach der Operation kann mit der Rehabilitation begonnen werden. Zu diesem Zeitpunkt ist die durch die OP verursachte Schwellung meist zurückgegangen und die Einheilung zu großen Stücken erfolgt, weshalb nun die Form des Ohrpassstückes in der Ohrmuschel bestimmt und die erforderliche Stärke des Magneten eruiert werden können. Die Rehabilitation umfasst u. a. die sich über

Monate erstreckende Einstellung des Sprachprozessors, die technische Kontrolle des Cochlea-Implantats und ein intensives Hörtraining. Letzteres beginnt mit Geräuscherkennung, gefolgt von Vokalen, Konsonanten, Zahlen und reicht über Wörter zu Sätzen und endet mit dem Ziel, Telefongespräche zu führen. Somit folgt es einem langsamen, immer mehr herausforderndem Aufbau. Das Sprachverständnis kann durch Erlernen von Lippenablesen unterstützt werden. Gleichzeitig ist eine von Empathie, Selbstkongruenz und Akzeptanz geprägte Arbeitshaltung im Sinne eines unterstützenden Begleiters durch die neuen, zunächst fremden Höreindrücke essentiell. Außerdem ist die Schulung der Handhabung, möglicherweise ebenfalls von Zusatzgeräten wie Adapter oder zusätzliche Mikrofone eine nicht zu unterschätzende Komponente. Die Rehabilitation und die folgende Nachbetreuung erfolgen interdisziplinär, so sind z. B. neben Logopäden und Ärzten auch beispielsweise Hörgeschädigtenpädagogen an der Optimierung der Hörleistung nach der Operation beteiligt. Durch Verlaufsaudiogramme, Sprachverständlichkeitstests und subjektive Einschätzung des Patienten kann der Erfolg der Implantation und der Rehabilitation zu verschiedenen Zeitpunkten postoperativ eingeschätzt werden. Diese erfolgen nach der Operation zunächst engmaschig, mit wachsendem Abstand zum Datum der Implantation vergrößern sich die zeitlichen Abstände. Eine adäquate Nachsorge sollte mindestens einmal im Jahr und zwar lebenslang erfolgen. Trotz immer modernerer Technik, einer immer größeren Auswahl an Implantaten und verbesserter chirurgischer Operationsweisen wird das schrittweise Heranführen des Patienten an das neue Hören im Rahmen einer Rehabilitation ein elementarer Bestandteil und somit unerlässlich bleiben [7, 8, 9, 13, 27, 34, 38].

8.9 Selbsthilfe

Im Jahr 1987 wurde die DCIG, die Deutsche Cochlea Implantat Gesellschaft, von einem Team aus Fachpersonal und Betroffenen gegründet. Sie organisiert sich in zahlreichen Regionalverbänden und Selbsthilfegruppen innerhalb Deutschlands.

„Betroffene sind nicht mehr ausschließlich Patienten, sondern aktive und vor allem selbstbewusste Ratsuchende und Ratgebende, Menschen, die sich in Gruppen

austauschen, gegenseitig bestärken und ihre Bedürfnisse und Vorstellungen öffentlich machen.“ [36]

Neben persönlichen Beratungen und dem Austausch der Betroffenen untereinander bietet auch die Internetseite der DCIG zahlreiche Informationen rund um das Cochlea-Implantat, listet Ansprechpartner und Gruppen nach Regionen sortiert auf und gibt über ein Forum Möglichkeit zum Austausch. Die Verbandszeitschrift „Schnecke“ der DCIG vereint persönliche Erfahrungen und wissenschaftliche Erkenntnisse. Die Schaffung von Raum für die Selbsthilfe Betroffener stellt einen enorm wichtigen Faktor innerhalb des interdisziplinären Netzes der CI-Versorgung dar und gibt den Patienten die Möglichkeit sich selbst aktiv mit der eigenen Situation auseinanderzusetzen.

9. Zusammenfassung

Das Gehör trägt auf der einen Seite wesentlich zur sprachlichen, emotionalen und geistigen Entwicklung des Menschen bei, auf der anderen Seite kommt ihm auch eine entscheidende Rolle in der Bewerkstelligung des Alltages zu. Es hilft gefährliche Situationen rechtzeitig einzuschätzen und sich räumlich zurechtzufinden.

„Ca. 15 % der Bevölkerung weisen eine therapiebedürftige, d. h. die Kommunikation beeinträchtigende Innenohrschwerhörigkeit auf, ca. 0,2 % sind gehörlos oder ertaubt.“ [25]

Durch die Versorgung mit Hilfsmitteln wie beispielsweise mit Hörgeräten und Cochlea-Implantaten ist es möglich den Hörverlust zu kompensieren: Reichen Hörgeräte zur Vermittlung von Höreindrücken nicht aus, kann man eruieren, ob die Indikation für das Einsetzen einer sogenannten Innenohrprothese, eines Cochlea-Implantats, gegeben ist.

Ein Cochlea-Implantat (CI) ist ein elektronisches, in das Innenohr implantiertes System, welches durch direkte Stimulation des Hörnervs einen Höreindruck vermittelt und dadurch versucht bestmöglich die ausgefallene Innenohrfunktion zu

ersetzen. Das bedeutet, es verstärkt nicht den Schall wie herkömmliche Hörgeräte, sondern leitet ihn durch Umwandlung in elektrische Signale direkt an den Hörnerv weiter.

„Über 90 % der Patienten profitieren deutlich von einem CI und mehr als 50 % können ein *offenes Sprachverständnis* erreichen, d. h. die Sprache kann über das CI auch ohne optischen Kontakt zum Sprecher verstanden werden, z. B. über das Telefon oder Lautsprecher.“[34]

Die CI-Implantation hat sich in den letzten Jahrzehnten als Behandlungsmethode zum Weg aus der Taubheit bzw. Schwerhörigkeit etabliert. An der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde des Universitätsklinikums Erlangen wurden seit dem Jahr 1995 bis Ende 2017 1.500 Patienten implantiert [40]. Somit ist Erlangen innerhalb einer vergleichenden Aufstellung verschiedener Kliniken in der Zeitschrift „Schnecke“ im Juni 2018 eines der Zentren in Deutschland mit den höchsten Implantationsraten. Das Cochlear-Implantat-Centrum Erlangen (CICERO) als Teil der Klinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde stellt die umfassende, oben ausführlich beschriebene Rehabilitation und Nachsorge implantierter Patienten sicher.

Die Cochlea-Implantation ist ein elektiver Eingriff um die Lebensqualität des Einzelnen zu steigern, weshalb die subjektiven Angaben des Patienten zur Hörqualität vor und nach der Operation einen besonders hohen Stellenwert haben. Um die individuellen Hörfortschritte und damit den Erfolg nach der Cochlea-Implantation beurteilen zu können, sind unter anderem audiometrische Untersuchungen und subjektive Fragebögen nötig. Von den zahlreichen infrage kommenden Bögen zur Ermittlung des subjektiven Höreindrucks wurde im Rahmen dieser Arbeit der HISQUI₁₉ ausgewählt und näher betrachtet.

Ein Anliegen der vorliegenden Veröffentlichung war es anhand eines Kollektivs von 57 mit einem CI versorgten, erwachsenen Patienten die subjektive Hörverbesserung durch Cochlea-Implantat-Versorgung mithilfe der Auswertung des HISQUI-Fragebogens zu beurteilen. Zudem sollte in einer Korrelation mit sprach- und tonaudiometrischen Ergebnissen geprüft werden, inwieweit die audiometrischen Aufzeichnungen des Hörvermögens mit den subjektiven erlebten Höreindrücken des Alltags übereinstimmen.

10. Abkürzungsverzeichnis

AWMF	Arbeitsgemeinschaft Wissenschaftlichen Fachgesellschaften e.V.	der Medizinischen
CI	Cochlea-Implantat	
CICERO	Cochlear-Implant-Centrum Erlangen	
dB	Dezibel	
DCIG	Deutsche Cochlea Implantat Gesellschaft	
HISQUI	Hearing Implant Sound Quality Index	
HI-Virus	Humanes Immundefizienz-Virus	
HNO	Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde	
Hz	Hertz	
kHz	Kilohertz	
OP	Operation	
PTA	Pure Tone Average	
SPL	Sound pressure level	
SSD	Single-sided deafness	
WHO	World Health Organisation	

11. Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: Äußere Komponente des Cochlea-Implantates; *eigene Darstellung*
- Abbildung 2: Implantierte Komponente des Cochlea-Implantates, *eigene Darstellung*
- Abbildung 3: 3D-Innenohrmodell in Originalgröße mit in der Cochlea zu platzierender Reizelektrode, *eigene Darstellung*

12. Literaturverzeichnis

1. Adunka O. F., Pillsbury H. C., Buchman C. A. (2010) Minimizing Intracochlear Trauma During Cochlear Implantation. In: Van de Heyning P, Kleine Punte A (Hrsg) Cochlear Implants and Hearing Preservation. Karger, S. 96-107
2. Almond M., Brown D. J. (2009) The Pathology and Etiology of sensorineural Hearing Loss and Implications for Cochlear Implantation. In: Niparko JK (Hrsg) Cochlear Implants: Principles & Practices. Lippincott Williams & Wilkins, S. 43-82
3. Amann E., Anderson I. (2014) Development and validation of a questionnaire for hearing implant users to self-assess their auditory abilities in everyday communication situations: the Hearing Implant Sound Quality Index (HISQUI19). Acta Otolaryngol 134:915-923
4. Arndt S. (2016) Operatives Vorgehen bei der Cochlea-Implantat(CI)-Versorgung. In: Hey M (Hrsg) Hörakustik: Cochlea-Implantat Special. Median-Verlag von Killisch-Horn GmbH, S.36-41
5. Aschendorff A., Gollner K., Maier W., Beck R., Wesarg T., Kröger S., Arndt S., Laszig R. (2009) Technologisch-chirurgischer Fortschritt bei der Cochlear Implantation. In: Ernst A, Battmer R-D, Todt I (Hrsg) Cochlear Implant heute. Springer, S. 39-46
6. Battmer R.-D. (1998) Technische Aspekte der verschiedenen Codierungsstrategien und Implantatsysteme. In: Lenarz T (Hrsg) Cochlea- Implantat. Springer, S. 70-82
7. Bertram B. (2018) Gegen viele Widerstände: ein Erfolg. In: e.V. DCIG (Hrsg) Schnecke. S. 25-28
8. Braun A. (2016) Cochlea-Implantat(CI)-Rehabilitation bei postlingual ertaubten CI-Trägern. In: Hey M (Hrsg) Hörakustik: Cochlea-Implantat Special. Median-Verlag von Killisch-Horn GmbH, S. 50-52
9. Calcagnini Stillhard E. (1994) Das Cochlear-Implant: Eine Herausforderung für die Hörgeschädigtenpädagogik.15-19; 33-73
10. Calvino M., Gavilán J., Sánchez-Cuadrado I., Pérez-Mora R. M., Muñoz E., Lassaletta L. (2016) Validation of the Hearing Implant Sound Quality Index (HISQUI19) to assess Spanish-speaking cochlear implant users' auditory abilities in everyday communication situations. Acta Otolaryngol 136:48-55
11. Caporali P. F., Caporali S. A., Bucuvic É. C., Vieira Sde S., Santos Z. M., Chiari B. M. (2016) Cross cultural translation and adaptation to Brazilian Portuguese of the Hearing Implant Sound Quality Index Questionnaire - (HISQUI19). Codas 28:345-354
12. Deutsche Cochlea Implantat Gesellschaft E.-V. (abgerufen 11.01.2019) <https://dcig.de/informationen/>.
13. Deutsche Gesellschaft Für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde Kopf-Und Halschirurgie (2012) Cochlea-Implantat Versorgung und zentral auditorische Implantate.
14. Eisen M. D. (2009) The History of Cochlear Implants. In: Niparko JK (Hrsg) Cochlear Implants: Principles & Practices. Lippincott Williams & Wilkins, S. 89-93
15. Eisen M. D. (2006) History of the Cochlear Implant. In: Waltzmann SB, Roland Jr. JT (Hrsg) Cochlear Implants. Thieme, S. 1-11
16. Ernst A. (2017) Audiometrie. In: Strutz J, Mann W (Hrsg) Praxis der HNO-Heilkunde, Kopf- und Halschirurgie. Georg Thieme Verlag, S. 21-40
17. Ernst A., Todt I. (2009) Die Entwicklung minimal-invasiver chirurgischer Verfahren zur Cochlear-Implant-Versorgung. In: Ernst A, Battmer R-D, Todt I (Hrsg) Cochlear Implant heute. Springer, S. 47-52
18. Friedrich G. B., W.; Zorowka, P. (2005) Phoniatrie und Pädaudiologie: Einführung in die medizinischen, psychologischen und linguistischen Grundlagen von Stimme, Sprache und Gehör.42-44; 327-411

19. Hartrampf (1998) Indikation, Kontraindikation und Voruntersuchung bei Kindern. In: Lenarz T (Hrsg) Cochlea- Implantat. Springer, S.96-106
20. Hessel H. (2016) Physiologie der akustischen und elektrischen Stimulation. In: Hey M (Hrsg) Hörakustik: Cochlea-Implantat Spezial. Median-Verlag von Killisch-Horn GmbH, S. 6-10
21. Hoppe U., Hast A. (2017) Sprachaudiometrie bei der Indikation von Hörhilfen und Hörimplantaten. HNO 65:195-202
22. Hoth S., Baljic I. (2016) Audiologische Diagnostik vor der Versorgung mit einem Cochlea Implantat. In: Hey M (Hrsg) Hörakustik: Cochlea- Implantat Special. Median-Verlag von Killisch-Horn GmbH, 28-34
23. Lehnhardt E. (1998) Entwicklung des Cochlea-Implantats und das Cochlea-Implantat-Projekt in Hannover. In: Lenarz T (Hrsg) Cochlea-Implantat - Ein praktischer Leitfaden für die Versorgung von Kindern und Erwachsenen. Springer, S. 1-8
24. Lenarz T. (1998) Cochlea-Implantate - Physiologische Grundlagen und klinische Anwendung. In: Lenarz T (Hrsg) Cochlea-Implantat - Ein praktischer Leitfaden für die Versorgung von Kindern und Erwachsenen. Springer, S. 10-51
25. Lenarz T., Boenninghaus H. (2012) HNO.7-125
26. Leonhardt A. (2009) Cochlea-Implantate für gehörlose Kinder gehörloser Eltern? In: Ernst A, Battmer R-D, Todt I (Hrsg) Cochlear Implant heute. Springer, S. 63-71
27. Martin L. F. A., Dowell R. C., Brown A. M., Clark G. M. (1985) Rehabilitation for Multiple-Channel Cochlear Prothesis Patients. In: Schindler RA, Merzenich MM (Hrsg) Cochlear Implants. Raven Press, S. 505-507
28. May B. J., Niparko J. K. (2009) Auditory Physiology and Perception. In: Niparko JK (Hrsg) Cochlear Implants: Principles & Practices. Lippincott Williams & Wilkins, S. 1-4
29. Mertens G., Kleine Punte A., De Bodt M., Van De Heyning P. (2015) Sound quality in adult cochlear implant recipients using the HISQUI19. Acta Otolaryngol 135:1138-1145
30. Money D. K. (1984) A Multichannel Implantable Hearing Prothesis. In: Keidel WD, Finkenzeller P (Hrsg) Cochlear Implants in Clinical Use. Karger, S. 145-147
31. Moore B. C. J. (2007) Cochlear hearing loss: Physiological, psychological and technical issues.1-36
32. Müller A. (2016) Aufbau und Funktion eines Cochlea-Implantat-Systems. In: Hey M (Hrsg) Hörakustik: Cochlea-Implantat Spezial. Median-Verlag von Killisch-Horn GmbH, S. 11-15
33. Niparko J. K., Lingua C., Carpenter R. M. (2009) Assessment of Candidacy for Cochlear Implantation. In: Niparko JK (Hrsg) Cochlear Implants: Principles & Practices. Lippincott Williams & Wilkins, S. 137- 139
34. Probst R. (2008) Ohr. In: Probst R, Grevers G, Iro H (Hrsg) Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde. Georg Thieme Verlag KG, 144-247
35. Pyman B. C., Brown A. M., Dowell R. C., Clark G. M. (1990) Preoperative evaluation and selection of adults. In: Clark GM, Tong YC, Patrick JF (Hrsg) Cochlear Protheses. Churchill Livingstone, 125-133
36. Ringhut T. (2009) Die Deutsche Cochlear Implant Gesellschaft e.V.: 20 Jahre CI-Selbsthilfe in Deutschland- Anlaufstelle für Ratsuchende. In: Ernst A, Battmer R-D, Todt I (Hrsg) Cochlear Implant heute. Springer, S. 73-75
37. Roland Jr. J. T., Huang T. C., Fishman A. J. (2006) Cochlear Implant Electrode History, Choices, and Insertion Techniques. In: Waltzman SB, Roland Jr. JT (Hrsg) Cochlear Implants. Thieme, S. 110-122
38. Rost U., Strauß-Schier A. Rehabilitations- und Testkonzepte bei Erwachsenen. In: Lenarz T (Hrsg) Cochlea-Implantat: Ein praktischer Leitfaden für die Versorgung von Kindern und Erwachsenen. Springer, S.136-144

39. Schneck R. (2018) Was ist ein CI? 17 Fragen, 17 Antworten. In: e.V. DCIG (Hrsg) Leben mit Cochlea Implantat & Hörgerät - Schneck. S. 46-47
40. Schneck R. (2018) Wo kann ich ein Cochlea Implantat bekommen? In: Deutsche Cochlea Implantat Gesellschaft e-V (Hrsg) Schneck: Leben mit Cochlea Implantat und Hörgerät. S.21-23
41. Silbernagl S., Despopoulos A., Draguhn A. (2018) Taschenatlas Physiologie.402-411
42. Strutz J. (2017) Chirurgie des Cochlea Implantats. In: Strutz J, Mann W (Hrsg) Praxis der HNO-Heilkunde, Kopf- und Halschirurgie. Thieme, S. 366-375
43. Strutz J. (2017) Innenohr. In: Strutz J, Mann W (Hrsg) Praxis der HNO-Heilkunde , Kopf- und Halschirurgie. Thieme, S.286-309
44. Thümmler R., Liebscher T., Hoppe U. (2016) Einfluss einer Hörgeräteversorgung auf das Einsilberverstehen und das subjektiv erlebte Alltagshören. HNO 64:595-600
45. Todt I. (2009) Cochlear-Implant- Voruntersuchungen. In: Ernst A, Battmer R-D, Todt I (Hrsg) Cochlear Implant heute. Springer, 27-30
46. Walger M., Streicher B., Lang-Roth R. (2016) Indikation aus medizinischer, audiologischer und pädagogischer Sicht. In: Hey M (Hrsg) Hörakustik: Cochlea-Implantat Special. Median-Verlag von Killisch-Horn GmbH, S. 20-26
47. Warncke H. (2016) Akustische Vorverarbeitung in Cochlea-Implantaten. In: Hey M (Hrsg) Hörakustik: Cochlea-Implantat Spezial. Median-Verlag von Killisch-Horn GmbH, S. 16-19

13. Originalpublikation: Subjektive Hörverbesserung durch Cochleaimplantatversorgung

<https://www.springermedizin.de/subjektive-hoerverbesserung-durch-cochleaimplantatversorgung/15867050>

oder

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29934847>

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die mich während der Anfertigung dieser Doktorarbeit unterstützt haben.

Insbesondere gilt mein Dank zunächst meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr.- Ing. Dr. rer. med. Ulrich Hoppe für die Betreuung dieser Arbeit, die stets so konstruktiven Vorschläge sowie für die freundliche Hilfe, Unterstützung und das Vertrauen in mich.

Auch danke ich Frau Gabriele Albert und Petra Hahn für Ihre hilfsbereite Art und Einführung in die Strukturen des Cochlear-Implant-Centrums.

Mein Dank gilt auch allen Studienteilnehmern, ohne welche es diese Arbeit nie gegeben hätte.

Meinen Eltern, meinem Freund und meinen Freunden möchte ich ganz besonders herzlich danken für die aufmerksame, bedingungslose und vielseitige Unterstützung während des Verfassens dieser Arbeit und während meines gesamten Studiums.