

Aus der Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde der

Ludwig-Maximilians-Universität München

Direktor: Prof. Dr. med. A. Berghaus

**Einfluss der Elektrodeninsertionstiefe auf  
Gleichgewichtsstörungen bei Patienten mit Cochlea  
Implantation**

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin  
an der medizinischen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von  
Lynn Skreinig  
geb. Mertes

aus  
Luxemburg

2016

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. Eike Krause

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Michael Strupp  
Priv. Doz. Dr. Wolfgang Büchele

Mitbetreuung durch den  
promovierten Mitarbeiter Dr. med. J. Louza

Dekan: Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel

Tag der mündlichen Prüfung: .06.10.2016

# Inhalt

<b>1 Einleitung .....</b>	<b>6</b>
1.1 Anatomie und Physiologie des Ohrs .....	6
1.1.1 Das äußere Ohr .....	6
1.1.2 Das Mittelohr .....	6
1.1.3 Das Innenohr .....	7
1.1.4 Vestibuläre Funktionen .....	11
1.2 Pathologie des Ohrs .....	12
1.2.1 Pathologie des Hörorgans .....	12
1.2.2 Pathologie des Vestibularorgans .....	13
1.3 Diagnostik .....	15
1.3.1 Diagnostik des Hörorgans .....	15
1.3.2 Diagnostik des Vestibularorgans .....	16
1.4 Das Cochlea Implantat .....	19
1.4.1 Die Geschichte des Cochlea Implantats .....	19
1.4.2 Aufbau und Funktionsweise des Cochlea Implantats .....	20
1.4.3 Voruntersuchungen .....	20
1.4.4 Indikationen .....	21
1.4.5 Kontraindikationen .....	21
1.4.6 Operationstechnik .....	21
1.4.7 Postoperative Folgebehandlung .....	21
1.4.8 Komplikationen nach der Implantation .....	22
<b>2 Ziele und Fragestellungen .....</b>	<b>23</b>
<b>3 Material und Methoden .....</b>	<b>24</b>
3.1 Patientenkollektiv .....	24
3.2 Schwindelfragebögen .....	24
3.3 Bestimmung der Elektrodeninsertionstiefe .....	25
3.4 Prüfung der Bogengangsfunktion .....	28
3.5 Prüfung der Sacculusfunktion .....	29
3.6 Prüfung der Utriculusfunktion .....	30
3.7 Cochlea Implantate .....	30
3.7.1 Operation .....	30
3.7.2 Implantate .....	31
3.8 Datenerhebung und statistische Auswertung .....	32
<b>4 Ergebnisse .....</b>	<b>33</b>
4.1 Analyse demographischer Daten .....	33
4.2 Subjektives Schwindelgefühl .....	33

4.3 Funktionsprüfung der Gleichgewichtsrezeptoren im Innenohr .....	34
4.3.1 Bogengangsfunktion .....	34
4.3.2 Sacculusfunktion.....	42
4.3.3 Utriculusfunktion.....	44
4.4 Die Elektrodeninsertionstiefe .....	46
4.4.1 Schwindel .....	46
4.4.2 Bogengangsfunktion .....	47
4.4.3 Sacculusfunktion.....	48
4.4.4 Utriculusfunktion.....	49
4.5 Elektrodendesign .....	50
4.5.1 Schwindel .....	50
4.5.2 Bogengangsfunktion .....	51
4.5.3 Sacculusfunktion.....	52
4.5.4 Utriculusfunktion.....	53
4.5.5 Variabilität der Insertionstiefe zum Elektrodendesign .....	53
4.6 Risikofaktoren für die Entstehung von Schwindel.....	54
4.6.1 Alter .....	54
4.6.2 Geschlecht.....	55
4.6.3 Präoperativer Schwindel .....	56
4.6.4 Implantat-Seite.....	56
4.6.5 Implantat-Firmen .....	58
4.6.6 Operateure.....	59
4.6.7 Bogengangsfunktion .....	60
4.6.8 Sacculusfunktion.....	61
4.6.9 Utriculusfunktion.....	61
4.7 Vergleichskollektiv.....	62
<b>5 Diskussion.....</b>	<b>63</b>
<b>6 Zusammenfassung .....</b>	<b>69</b>
<b>7 Danksagung.....</b>	<b>70</b>
<b>8 Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>71</b>
<b>9 Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>72</b>
9.1 Abbildungen im Text.....	72
9.2 Abbildungen im Anhang .....	74
<b>10 Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>75</b>
10.1 Tabellen im Text.....	75
10.2 Tabellen im Anhang .....	75
<b>11 Literaturverzeichnis .....</b>	<b>79</b>

**12 Anhang.....82**

# 1 Einleitung

## 1.1 Anatomie und Physiologie des Ohrs

Das Ohr wird unterteilt in das äußere Ohr, das Mittelohr und das Innenohr. Die zentrale Verarbeitung reicht vom N. vestibulocochlearis bis zu den subkortikalen und kortikalen Hörzentren.

### 1.1.1 Das äußere Ohr

Das äußere Ohr besteht aus der Ohrmuschel und dem Gehörgang. Die Ohrmuschel wird aus elastischem Knorpel gebildet. Das Ohrläppchen hingegen besteht nur aus Fettgewebe. Der äußere Gehörgang besteht im ersten lateralen Drittel aus Knorpel und die medialen zwei Drittel sind knöchern. (Berghaus, 1996)

Der eingehende Schall wird von der Ohrmuschel, wie von einem Trichter aufgenommen. Danach werden die Schwingungen über den äußeren Gehörgang an das Trommelfell weitergeleitet. (Klinke et al., 2010)

### 1.1.2 Das Mittelohr

Das Mittelohr beinhaltet das Trommelfell, die Paukenhöhle, die Gehörknöchelchen, die Ohrtrumpete und die pneumatischen Räume. Eine Grenze zwischen dem äußeren Ohr und der Paukenhöhle bildet das Trommelfell. (Boenninghaus et al., 2012) In das Trommelfell eingelassen ist der Hammer (Malleus). Er ist mechanisch über den Amboss (Incus) und den Steigbügel (Stapes), der im ovalen Fenster inseriert, ans Innenohr gekoppelt. Sie übertragen die Schwingungen vom äußeren Gehörgang über das Trommelfell ins Innenohr.

Die Impedanzanpassung wird durch die Gehörknöchelchen und dem Verhältnis des Trommelfells zum Stapes ermöglicht. Andernfalls würden 99% der Schallenergie durch Reflexion verloren gehen. Die Reflexion entsteht dadurch, dass der Schall von der Luft an die Innenohrflüssigkeit übertragen wird. Zwei Mechanismen ermöglichen die Impedanzanpassung. Zum einen ist das Trommelfell größer (ca. 85 mm<sup>2</sup>) als die Stapesfußplatte am ovalen Fenster (ca. 4 mm<sup>2</sup>), so dass der Schalldruck um das 22 fache verstärkt wird. (Behrends, 2010) Zum anderen ermöglichen die verschiedenen Hebelarme der Gehörknöchelchen eine zusätzliche Druckerhöhung am ovalen Fenster. (Klinke et al., 2010)

Eine Verbindung von der Paukenhöhle zum Nasopharynx besteht durch die Tuba auditiva; diese dient der Mittelohrbelüftung sowie dem Druckausgleich. Bei zu lauten Lärmpegeln kann der Stapediusreflex ausgelöst werden, welcher das Innenohr vor zu starkem Schall schützen soll. Der M. stapedius inseriert am Stapes und kontrahiert sich ab etwa 70 bis 90 dB. (Boenninghaus et al., 2012) Er verringert somit vorübergehend die Schallübertragung durch eine Versteifung des Stapes im ovalen Fenster. Der M. tensor tympani, der am Malleus inseriert, dient ebenfalls der Reduzierung der Impedanzanpassung. An das Mittelohr grenzen funktionell wichtige Strukturen wie der N. facialis, die A. carotis interna, der Bulbus der V. jugularis, die Dura und das Innenohr. (Probst, 2004)

### **1.1.3 Das Innenohr**

Das Innenohr befindet sich im Felsenbein (Pars petrosa) des Schläfenbeins (Os temporale). Es umfasst die Schnecke (Cochlea), das Vestibulum und die Bogengänge.

Das Innenohr besteht aus vielen Gängen, die als Labyrinth bezeichnet werden. Dieses kann unterteilt werden in das knöcherne und das membranöse Labyrinth. Das knöcherne Labyrinth wird durch die knöcherne Cochlea, das Vestibulum und die knöchernen Bogengänge gebildet. Der Raum zwischen dem knöchernen und membranösen Labyrinth ist mit Perilymphe gefüllt. Die Perilymphe ist ein Ultrafiltrat des Blutplasmas und ist kaliumarm. (Klinke et al., 2010) Der Perilymphraum steht über den Ductus perilymphaticus mit dem Subarachnoidalraum in Verbindung. Die Cochlea und die Bogengänge sind über den Ductus reuniens miteinander verbunden. Das membranöse Labyrinth ist mit Endolymphe gefüllt und in das knöcherne Labyrinth eingebettet. Die Endolymphe wird von der Stria vascularis gebildet und ist kaliumreich. Der Endolymphraum geht über in den Ductus endolymphaticus und endet in einer Duraduplikatur, dem Saccus endolymphaticus. (Berghaus, 1996)

#### **1.1.3.1 Die Cochlea**

Die Cochlea macht 2,5 Windungen um ihre eigene Achse, den Modiolus. Sie enthält drei flüssigkeitsgefüllte Kanäle, die Scala vestibuli, die Scala tympani und den Ductus cochlearis. Die Scalae vestibuli und tympani sind mit Perilymphe gefüllt und stehen über das Helikotrema an der Spitze miteinander in Verbindung. Die Scala vestibuli beginnt am ovalen Fenster und die Scala tympani endet am runden Fenster. (Reiß, 2009) Der mit Endolymphe gefüllte Ductus cochlearis liegt zwischen der Scala vestibuli und der Scala tympani. In der seitlichen Schneckenwand befindet sich die Stria vascularis; diese bildet die Endolymphe. Der Ductus cochlearis ist nach oben hin durch die Reissner Membran von der Scala vestibuli getrennt. Der Boden des Ductus cochlearis wird durch die Basilarmembran gebildet, diese trennt den Ductus cochlearis von der Scala tympani.

Das Corti-Organ dient der Schallverarbeitung und liegt mit den Haarzellen und Stützzellen auf der Basilarmembran. (Behrends, 2010) Die Stützzellen umgeben die inneren und äußeren Haarzellen. Die inneren Haarzellen stehen in einer Reihe und sind primäre Sinneszellen. Dagegen stehen die äußeren Haarzellen in drei Reihen und dienen als Schallverstärker. Die Stereovilli auf den äußeren Haarzellen reichen bis in die Tektorialmembran, die das Corti-Organ bedeckt.

Das Schallsignal gelangt über den Stapesfuß im ovalen Fenster in die Innenohrflüssigkeit und löst eine Wanderwelle entlang der Membranen (Basilar-, Reissner- und Tektorialmembran) aus. (Klinke et al., 2010) Die Innenohrflüssigkeit ist nicht kompressibel, so dass der Schalldruck wieder an das Mittelohr abgegeben werden muss. Die Welle wandert von der Scala vestibuli zur Scala tympani und endet am runden Fenster. Um den Druck abzugeben kann sich das runde Fenster in das Mittelohr vorwölben. Die maximale Amplitude der Wanderwelle entsteht in Abhängigkeit von der Reizfrequenz und von der abnehmenden Steifigkeit der Basilarmembran zum Helikotrema hin. Die hohen Frequenzen haben den größten Ausschlag nahe am Stapes und die tiefen Frequenzen bilden sich vor allem in der Nähe des Helikotremas ab. Die maximale

Auslenkung ist orts- und frequenzabhängig. (Behrends, 2010)

Die Wanderwelle bringt die Basilarmembran zum Schwingen, so dass es zu einer Scherbewegung zwischen dem Corti-Organ und der Tektorialmembran kommt. Die Stereovilli der äußeren Haarzellen werden durch die Scherbewegung abgebogen und die Ionenkanäle (Transduktionskanäle) werden bei einer Aufwärtsbewegung geöffnet und bei einer Abwärtsbewegung geschlossen. Die Potenzialdifferenz zwischen den äußeren Haarzellen und dem Endolymphraum führt zu einem Potentialgefälle, das beim Öffnen der Ionenkanäle zum Kalium-Einstrom führt. Schließen sich die Ionenkanäle kommt es zur Repolarisation. Die De- und Repolarisation führt zu einer Längenänderung der äußeren Haarzellen. Diese Längenänderung führt zu einer Verstärkung der Wanderwelle am Ort des Maximums und so zu einer Verbesserung der frequenzabhängigen Selektivität. Der mechanische Reiz führt in den inneren Haarzellen zur eigentlichen Transduktion. Die Stereovilli der inneren Haarzellen werden durch Endolymphbewegungen abgebogen und es kommt zum Öffnen oder Schließen der Transduktionskanäle. Der Einstrom von Kalium führt basal über einen Kalzium-Einstrom zur Ausschüttung von Glutamat und die afferenten Nervenfasern lösen dadurch Aktionspotentiale aus. (Klinke et al., 2010)

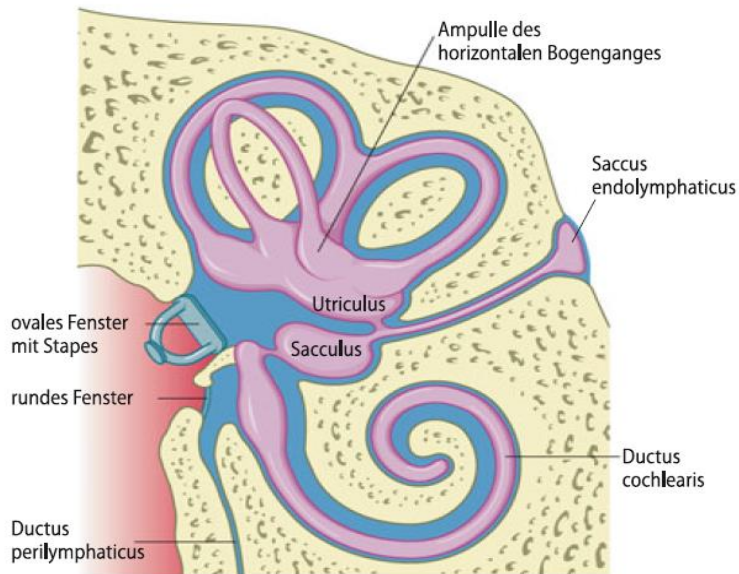
Die afferenten Fasern der Haarzellen (vorwiegend der inneren Haarzellen) laufen zum Ganglion spirale cochleae und treten als N. cochlearis im Kleinhirnbrückenwinkel in den Hirnstamm ein. Sie enden in den Nuclei cochlearis ventralis und dorsalis. Die obere Olive erhält gekreuzte und ungekreuzte Fasern, so dass sie Informationen aus beiden Ohren erhält. Die Verarbeitung der Informationen aus beiden Ohren ist ausschlaggebend für das Richtungshören. Die Fasern laufen weiter im Lemniscus lateralis in die Colliculi inferiores und in den nachgeschalteten Corpus geniculatum mediale. Sie enden im auditorischen Kortex in der primären und sekundären Hörrinde. (Klinke et al., 2010)

Die Frequenzanalyse findet bereits in der Cochlea statt und die weitere akustische Verarbeitung läuft in der zentralen Hörbahn ab. Ein differenziertes Unterscheidungsvermögen der Tonhöhen wird durch Schaltmechanismen unter den einzelnen Neurone erreicht. Des Weiteren wird eine Analyse der Zeitstruktur, der Intensitätsunterschiede und der akustischen Erkennungsmuster ermöglicht. (Boenninghaus et al., 2012)

### **1.1.3.2 Das Vestibulum**

Das Vestibulum ist mit Perilymphe gefüllt und steht mit der Cochlea und den Bogengängen in Verbindung. Der Otolithenapparat mit dem häutigen Sacculus und Utriculus befindet sich im Vestibulum. Bei gerader Kopfhaltung liegt der Utriculus annähernd horizontal und der Sacculus steht praktisch in einem 90° Winkel zum Utriculus. Beide sind mit Endolymph gefüllt und von Perilymphe umgeben. Der Ductus utriculosaccularis verbindet den Sacculus und den Utriculus miteinander. Im knöchernen Aqueductus vestibuli geht der Ductus endolymphaticus vom Ductus utriculosaccularis ab und endet blind im Saccus endolymphaticus. (Boenninghaus et al., 2012)





**Abbildung 1.1 Endo- und perilymphatische Räume (aus Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde von Boenninghaus & Lenarz 2012)**

Der Utriculus beinhaltet die Macula utriculi und der Sacculus beinhaltet die Macula sacculi mit den Sinnes- und Stützzellen. Die Haarzellen tragen Stereovilli, wie in der Cochlea, sie besitzen jedoch noch zusätzlich ein Kinozilium. Die Stereovilli und das Kinozilium sind in eine gallertige Masse (Otholitenmembran) eingelassen. Auf der Membran befinden sich kleine Kristalle aus Kalziumcarbonat, die Otolithen. Die Otolithen erhöhen die Dichte der Membran gegenüber der Dichte der umgebenden Endolymphe.

Die Makulaorgane reagieren auf Translationsbeschleunigungen. Die ständige Erdbeschleunigung ermöglicht dem Otolithenapparat die Empfindung für die Lage des Kopfes im Raum. (Boenninghaus et al., 2012) Die lineare Beschleunigung führt zu einer Verschiebung der schwereren Otolithen gegenüber den Haarzellen. Die afferenten Nervenfasern besitzen eine Ruheaktivität, so dass eine Abbiegung der Stereovilli zum Kinozilium hin, zur Generierung einer höheren Anzahl von Aktionspotenzialen führt. Erfolgt die Auslenkung der Stereovilli in die Gegenrichtung nimmt die Häufigkeit der Aktionspotenziale ab. (Klinke et al., 2010) Die afferenten Nervenfasern des Sacculus und Utriculus ziehen zum Ganglion vestibulare. Der weitere neuronale Verlauf und die zentrale Verarbeitung werden im folgenden Kapitel abgehandelt.

### 1.1.3.3 Die Bogengänge

Die drei knöchernen Bogengänge enthalten die häutigen Bogengänge mit den Sinneszellen. Die drei Bogengänge stehen senkrecht zueinander sowie in den drei Hauptebenen des Raumes. Der laterale Bogengang ist bei gerader Kopfhaltung  $30^\circ$  nach kranial verschoben. Der hinterer Bogengang steht  $45^\circ$  zur sagittalen und koronaren Ebene. Der obere Bogengang steht senkrecht zum hinteren Bogengang. (Probst, 2004)

Die Bogengänge reagieren auf Drehbeschleunigungen. Die Haarzellen der Bogengänge befinden sich in einer Verdickung, der Ampulle nahe am Utriculus. Die Haarzellen besitzen, wie im Otholitenapparat Stereovilli und ein Kinozilium. Sie ragen in eine Säule von gallertiger

Masse, die Cupula; diese setzt an der Crista ampullaris an. Die Cupula enthält keine Kristalle und weist dieselbe Dichte auf wie die Endolymphe, die sie umgibt. Die Auslenkung der Cupula erfolgt durch die Trägheit der Endolymphe. Wird der Kopf in eine Richtung gedreht, bleibt die Endolymphe durch ihre Trägheit zunächst in Ruhe und die Cupula wird in die Gegenrichtung ausgelenkt. Diese Auslenkung führt zum Abbiegen der Stereovilli. Auch hier ist die Häufigkeit der Aktionspotentiale abhängig, ob eine Abbiegung zum Kinozilium hin oder in die Gegenrichtung erfolgt. Die utrikulopetale Auslenkung führt zur Aktivitätssteigerung der afferenten Nervenfasern und die utrikulofugale Auslenkung führt zur Abnahme der Aktivität. (Klinke et al., 2010)

Die Nervenfasern ziehen aus den Ampullen mit den Fasern aus Utriculus und Sacculus als N. vestibularis zu den Vestibulariskernen beider Seiten. Die Vestibulariskerne erhalten noch zusätzliche afferente Eingänge von den Muskeln, Sehnen und Gelenken des Halses, sowie von den Augen und dem Kleinhirn. Diese Informationen ermöglichen es die Stellung des Kopfes und dessen Bewegungen zu ermitteln. Die ipsilateralen Vestibulariskerne haben efferente Nervenfasern zu den Vestibulariskernen der Gegenseite, zu den Motoneuronen des Halsmarks, sowie zu den Extremitäten. Weitere Ausgänge führen zu den Augenmuskeln, der Formatio reticularis, dem Kleinhirn, dem Thalamus und dem Hypothalamus.

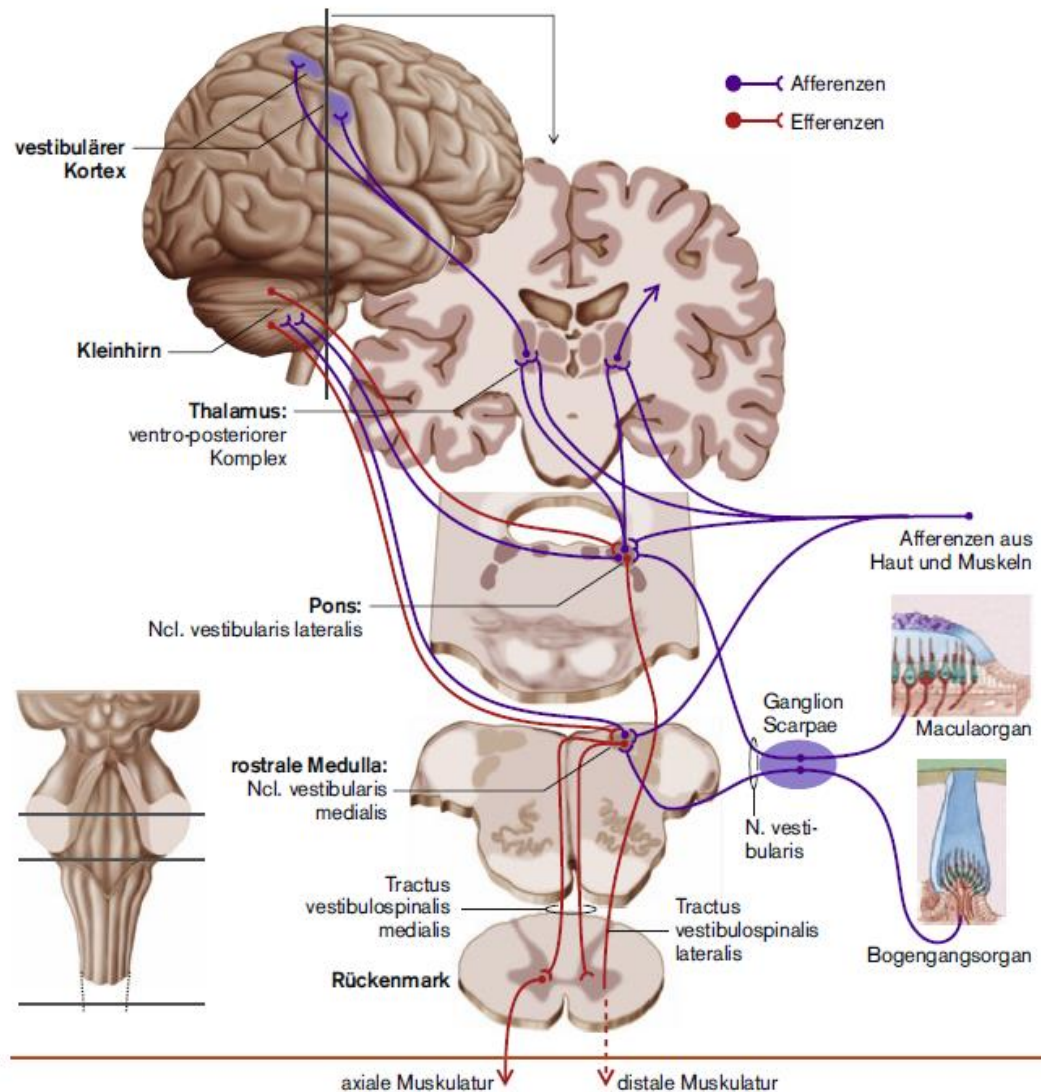


Abbildung 1.2 Die Ein- und Ausgänge der Vestibulariskerne (aus Physiologie von Klinke et al., 2010)

Diese Verschaltungen ermöglichen das Raumempfinden und die gleichgewichtserhaltenden Reflexe. (Klinke et al., 2010)

### 1.1.4 Vestibuläre Funktionen

Das Vestibularorgan ist ständig aktiv und agiert mit vielen anderen Systemen. Unter anderem interagiert es mit dem optischen System um die Fixation des Horizonts zur räumlichen Orientierung bei Kopfbewegungen zu ermöglichen. Aus dieser Interaktion resultiert der vestibulookuläre Reflex (VOR). Das optische System ist bei schnellen Kopfbewegungen alleine zu langsam um z.B. ein fixiertes Objekt im Blickfeld zu behalten. Die Korrektur erfolgt mit Hilfe der Vestibulariskerne. Die Verschaltung läuft über drei Neurone. Die Vestibulariskerne erhalten bei einer schnellen Kopfdrehung in erster Linie Afferenzen aus den Bogengängen. Die vestibulären Signale werden von den Vestibulariskernen direkt an die Kerne der Augenmuskeln weitergeleitet. (Probst, 2004)

Erfolgt eine Kopfdrehung nach links wird der linke horizontale Bogengang aktiviert und der rechte Bogengang wird gehemmt. Die Vestibulariskerne leiten diese Aktivitätsänderung zu den Aduzens- und den Okulomotoriuskernen weiter, so dass eine kompensatorische Augenbewegung generiert werden kann. (Klinke et al., 2010)

Zur Feinabstimmung erhalten die Vestibulariskerne Signale über die retinalen Rezeptoren. Diese Rückmeldung ist bei Dunkelheit aufgehoben. (Probst, 2004)

Ein weiterer wichtiger Reflex ist der vestibulospinale Reflex (VSR). Er dient der Aufrechterhaltung der Statik und des Gleichgewichts durch eine Interaktion des Vestibularsystems mit dem propriozeptiven-motorischen System. Der Tractus vestibulospinalis lateralis und medialis beeinflussen direkt über die Vestibulariskerne die Spinalmotorik, die Kopfhaltung und den aufrechten Gang. Eine indirekte Beeinflussung besteht über den Tractus reticulospinalis. Die Spinalmotorik wird durch 3 Sinnessysteme gewährleistet, die sich gegenseitig kontrollieren. Der aufrechte Gang wird durch die propriozeptiven Systeme, sowie durch das visuelle und vestibuläre System ermöglicht. Fällt eines dieser Sinnessysteme aus, kann immer noch ein aufrechter Gang gewährleistet werden. Ist jedoch nur noch ein Sinnessystem aktiv, ist der aufrechte Gang gestört. (Probst, 2004)

## **1.2 Pathologie des Ohrs**

### **1.2.1 Pathologie des Hörorgans**

Die Pathologien des Hörorgans können in zwei Gruppen unterteilt werden: die Schalleitungsstörungen und die Schallempfindungsstörungen.

Die Schalleitungsstörung befindet sich im äußeren Ohr oder im Mittelohr. In diesem Fall kann der Schall nicht ordnungsgemäß an das Innenohr weiter geleitet werden.

Die Beeinträchtigung der Funktionalität des äußeren Ohrs und des Mittelohrs, können unterschiedliche Ursachen haben:

Äußeres Ohr:

- Fremdkörper
- Cerumen obturans
- Otitis externa
- Exostosen, Hyperostosen
- Tumoren

Mittelohr:

- Trommelfelldefekte
- Steigbügelankylose bei Otosklerose
- Otitis media
- Cholesteatom
- Trauma
- Tumoren

Auch angeborene Fehlbildungen, sowohl im äußeren als auch im Mittelohr können die

Schalleitung beeinträchtigen.

Der Schallempfindungsstörung liegt eine Störung des Innenohrs oder der nachgeschalteten Hörbahn zugrunde. Der Schall wird ordnungsgemäß an das Innenohr geleitet, dieser kann jedoch nicht im Innenohr oder in der nachgeschalteten Hörbahn weiterverarbeitet werden, so dass die Hörempfindung beeinträchtigt ist. (Behrends, 2010) Die Ursachen für Schallempfindungsstörungen sind ebenfalls sehr vielseitig:

Innenohr:

- Entzündungen, Infektionen
- Toxische Schäden
- Durchblutungsstörungen
- Hörsturz
- M. Menière
- Trauma
- akustisches Trauma
- Altersschwerhörigkeit

Retrocochleäre Hörbahnen und Zentren:

- Trauma
- Tumoren (z.B. Vestibularisschwannom)
- Degenerative Erkrankungen
- ZNS-Erkrankungen

Hereditäre Innenohrstörungen können in zwei Gruppen unterteilt werden: syndromal-hereditäre und nicht syndromal-hereditäre Innenohrstörungen. Beide können zu Schallempfindungsstörungen oder sogar zur Taubheit führen. Die Schallempfindungsstörung kann auch intrauterin oder perinatal erworben werden (z.B. durch Infektionen der Mutter während der Schwangerschaft). (Probst, 2004)

### **1.2.2 Pathologie des Vestibularorgans**

Die vestibulären Störungen können in peripher bedingte und zentral bedingte vestibuläre Störungen unterteilt werden.

Die peripher bedingten Störungen umfassen:

- Neuropathia vestibularis: Die Neuropathia vestibularis ist ein akuter einseitiger Ausfall des Vestibularorgans. Die genaue Lokalisation des Ausfalls und die Ätiologie sind unbekannt. Die Patienten klagen über heftigen Drehschwindel, der über einige Tage bestehen bleiben kann. Zusätzlich können die Patienten starke Gleichgewichtsstörungen und Erbrechen entwickeln. Andere Ohrsymptome fehlen. (Probst, 2004)
- Benigner paroxysmaler Lagerungsschwindel (BPLS): Der BPLS tritt bei Kopfdrehungen auf und äußert sich in plötzlich auftretendem, kurzzeitigen Drehschwindel. Die Symptome treten oft im Liegen und nachts auf. Die Ursache für diese Schwindelattacken sind Otolithen, die sich aus dem Utriculus lösen und sich zu

90% im posterioren oder zu 10% im horizontalen Bogengang ablagern. (Stoll et al., 2004) Bei einer Kopfdrehung bewegen sich die freien Otolithen und lösen eine Auslenkung der Cupula aus. So entsteht eine Seitendifferenz zwischen beiden Vestibularorganen und es kommt zu Schwindel.

- Labyrinthitis: Sie ist eine Infektion des Labyrinths oder der Umgebung. Die Infektionswege können tympanogen (fortgeleitete Mittelohrentzündung), meningeal (oft beidseitige Infektionen mit Streptococcus pneumoniae, Begleiterscheinung einer Meningitis) oder hämatogen (häufig virale Erreger wie Mumps-, Masern-, HI-, Cytomegalie-Viren) erfolgen. (Probst, 2004)
- M. Menière: Der M. Menière ist durch einen Hydrops des häutigen Labyrinths gekennzeichnet. Die Ursachen sind bisher noch unklar, vermutet werden: eine fehlerhafte Endolymphproduktion, eine gestörte Resorption der Endolymph im Saccus endolymphaticus, ein Verschluss des Ductus endolymphaticus oder die Sekretion von onkotisch wirksamen Molekülen aus dem Saccus in den Endolymphraum. (Boenninghaus et al., 2012) Die Patienten weisen eine typische Symptomtrias auf: Schwindelanfälle (meist Drehschwindelattacken), eine einseitige Schwerhörigkeit und einen einseitigen Tinnitus. Es wird angenommen, dass die Ruptur des erweiterten Endolymphschlauches im Bereich der Reissner-Membran oder eine Permeabilitätsstörung der Perilymph-Endolymph-Schranke zu einer Intoxikation der Haarzellen durch Kalium führt. (Boenninghaus et al., 2012) Die Schwindelanfälle dauern Minuten bis Stunden und wiederholen sich in unregelmäßigen Abständen.
- Lermoyez-Syndrom: Dieses Syndrom ähnelt dem M. Menière nur, dass es zu einer Hörverbesserung während der Schwindelanfälle kommt. Dies ließe sich durch eine vorübergehende Druckentlastung im Ductus cochlearis erklären. (Stoll et al., 2004)
- Beidseitige periphere Vestibularisausfälle: Sie haben vor allem systemische Ursachen (ototoxische Substanzen, endogene Schäden z.B. durch eine Niereninsuffizienz). Beidseitige Ausfälle können aber auch durch lokale Schädigungen verursacht werden (beidseitige Labyrinthitis, kongenitale oder erworbene Störungen der Labyrinth und Störungen der Nn. vestibulares). Der Nystagmus fehlt bei einem beidseitigen Ausfall. Die Patienten klagen über Schwankschwindel, insbesondere bei Dunkelheit und auf unebenen Oberflächen. Ein klassisches Zeichen ist die Destabilisierung der optischen Fixation mit Oszillopsien. Diese Scheinbewegungen werden durch Kopfbewegungen ausgelöst. Die Patienten können beim Gehen keine Schilder mehr lesen, da die Blickstabilisierung nur noch über das langsame optische System erfolgt. Die schnelle Korrektur durch den vestibulookulären Reflex fällt weg. Außerdem können die Patienten eine beidseitige Schallempfindungsstörung aufweisen. (Probst, 2004)

Weitere Ursachen für periphere vestibuläre Störungen sind:

- Perilymphfistel
- Dekompressionskrankheit
- Tullio-Phänomen
- Dehiszenz des superioren Bogenganges
- Posttraumatische vestibuläre Störungen



Die neuronal und zentral bedingten vestibulären Störungen sind:

Neuronal:

- Kleinhirn-Brücken-Winkel-Tumore

Zentral:

- Vertebrobasiläre Insuffizienz
- Wallenberg-Syndrom
- Kleinhirnfarkte
- Multiple Sklerose
- Vestibuläre Migräne
- Subclavian-Steal-Syndrom

## **1.3 Diagnostik**

### **1.3.1 Diagnostik des Hörorgans**

Die Diagnostik beginnt mit der Anamnese. Die wichtigsten Ohrsymptome, die erfragt werden sind: Ohrschmerzen, Hörminderung, Tinnitus, Otorrhoe und Schwindel.

Die klinische Untersuchung des Ohrs beinhaltet die Inspektion und die Otoskopie. Die klinische Gehörprüfung ist wichtig, um eine Schalleitungsstörung von einer Schallempfindungsstörung zu differenzieren. Hierfür werden zwei orientierende Tests mit Hilfe einer Stimmgabel durchgeführt: der Test nach Weber und der Test nach Rinne.

Weitere audiologische Untersuchungen können den Verdacht auf eine Störung des Hörorgans erhärten und genauer quantifizieren. Die Audiometrie kann in die subjektive und die objektive Audiometrie unterteilt werden.

Bei der subjektiven Audiometrie muss der Patient aktiv mitarbeiten. Sie beinhaltet das Tonschwellenaudiogramm und das Sprachaudiogramm.

Im Tonschwellenaudiogramm werden dem Patienten Frequenzen zwischen 125 Hz und 10 kHz über Luft- und Knochenleitung dargeboten. Der Patient muss angeben, ab wann der Ton für ihn hörbar wird. So lässt sich die Hörschwelle für die Luft- sowie für die Knochenleitung ermitteln. Liegen die Kurven für die Luft- und Knochenleitung übereinander, kann von einer ungestörten Funktion der Schalleitung ausgegangen werden. Liegt die Kurve der Luftleitungsschwelle niedriger als die der Knochenleitung, weist dies auf eine Störung der Schalleitung hin. Liegt die Hörschwelle von Luft- und Knochenleitung tiefer und übereinander, liegt eine Schallempfindungsstörung vor. Eine kombinierte Schwerhörigkeit liegt vor, wenn eine Schalleitungsstörung und eine Verschlechterung der Hörschwelle der Knochenleitung vorliegen.

Die Sprachaudiometrie ergänzt die Tonschwellenaudiometrie zur Diagnostik und Verlaufsuntersuchung bei Schwerhörigkeiten. Sie misst mit Hilfe von einem Zahlentest und einem Einsilbertest das Sprachverstehen.

Die objektive Audiometrie prüft das Gehör des Patienten ohne dessen aktive Mitarbeit. Der Vorteil dieser Gehöruntersuchungen ist, dass auch Patienten untersucht werden können, die

nicht aktiv kooperieren können (Säuglinge, Kleinkinder, Personen mit mentalen und kognitiven Beeinträchtigungen). Die objektiven Messverfahren können cochleäre sowie retrocochleäre Störungen aufdecken. Zu diesen objektiven Prüfverfahren gehören unter anderem die Impedanzaudiometrie, die akustisch evozierten Potenziale (AEP) und die otoakustischen Emissionen (OAE).

### **1.3.2 Diagnostik des Vestibularorgans**

#### **1.3.2.1 Anamnese**

Die Anamnese ermöglicht bereits eine erste diagnostische Zuordnung der Schwindelsymptome und Gleichgewichtsstörungen. Die wichtigsten Fragen der Schwindelanamnese beziehen sich auf folgende Punkte:

- Art des Schwindels: Dreh-, Schwankschwindel, Liftgefühl, allgemeine Unsicherheit, etc.
- Beginn der Symptome: akut oder schleichend
- Dauer der Beschwerden: Attacken von Sekunden, Minuten, Stunden oder Dauerbeschwerden über Tage
- Verlauf: abnehmend oder zunehmend
- Beeinflussbarkeit: lässt sich der Schwindel provozieren, gibt es mildernde oder verstärkende Faktoren
- Begleitsymptome: Hörminderung, Ohrgeräusche, Übelkeit, Kopfschmerzen und Visusstörungen etc.

Weitere wichtige Punkte der Anamnese sind die Medikamenten- und Drogeneinnahme sowie die Abklärung von Vorerkrankungen und das Vorliegen von Schädel- und HWS-Traumata.

#### **1.3.2.2 Klinische Untersuchung**

Die klinische Untersuchung umfasst die Untersuchung der Spinalmotorik und der Koordination sowie die Nystagmusprüfung.

Zur Überprüfung der Koordination wird der Romberg-Steh und der Unterberger-Tretversuch angewendet. Weitere Tests sind der Blind- und Strichgang sowie die Armtonus- und Abweichreaktion. (Probst, 2004) Liegt eine Störung des Vestibularorgans vor, führt dies in den Untersuchungen meist zu einer gerichteten Instabilität zur betroffenen Seite.

Die Überprüfung der Augenmotorik beinhaltet die Augenmotilität, die willkürliche Blickfolge, sowie die Nystagmen. Der Nystagmus ist eine reflektorische, konjugierte und koordinierte Augenbewegung um eine bestimmte Achse. (Probst, 2004) Es wird zwischen einer langsamen Phase und einer schnellen Phase unterschieden. Die langsame Phase kann physiologisch z.B. durch einen vestibulären Reiz oder pathologisch hervorgerufen werden. Die schnelle Phase wird durch die zentrale Blickmotorik ausgelöst. Es handelt sich um eine Rückstellbewegung. Die Richtung des Nystagmus wird durch die schnelle Phase definiert. (Probst, 2004)

Ein Nystagmus wird mit Hilfe einer Frenzel-Brille untersucht. Die Augen des Patienten sind beleuchtet und die Gläser mit 20 Dioptrien Stärke. Die hohe Dioptriezahl hebt die Fixation auf,



welche einen Nystagmus unterdrücken könnte.

Ein horizontaler richtungsbestimmender Nystagmus weist auf eine periphere vestibuläre Störung hin. Wobei ein vertikaler oder richtungswechselnder Nystagmus auf eine zentrale Störung hindeutet. (Reiß, 2009)

Unterschieden werden drei Nystagmusformen:

- Spontannystagmus (SPN): Bei einem Ausfall des Vestibularorgans kann es zu einem Nystagmus in die Richtung des gesunden Ohrs kommen. Ist das Vestibularorgan gereizt entsteht ein Reiznystagmus zur betroffenen Seite. Ein Blickrichtungsnystagmus entsteht bei zentral-vestibulären Störungen. (Reiß, 2009) Dabei tritt der Nystagmus immer in Blickrichtung auf. Das Fehlen eines Spontannystagmus schließt eine vestibuläre Störung jedoch nicht aus.
- Provokationsnystagmus (PN): Ein latenter Nystagmus wird durch unterschiedliche Provokationsmanöver ausgelöst. Leichtes Kopfschütteln kann schon einen Spontannystagmus unter der Frenzelbrille auslösen. Ein weiteres Manöver ist die Lageprüfung, bei der der Patient verschiedene Körperpositionen einnimmt, wie die Rücken- oder Seitenlage. Bei der Lagerungsprüfung nach Dix-Hallpike wird der Patient von der sitzenden Position schnell in Kopfhängelage gebracht und schnell wieder aufgesetzt. Der Kopf des Patienten wird dabei je einmal geradeaus, nach links und nach rechts gedreht. Dieser Test wird zum Diagnostizieren eines benignen paroxysmalen Lagerungsschwindels verwendet. (Probst, 2004)
- Optokinetischer Nystagmus: Ein physiologischer optokinetischer Nystagmus entsteht durch Augenfolgebewegungen z.B. wenn man aus dem Fenster eines fahrenden Zuges schaut (Eisenbahnnystagmus). Zieht vor einem stationären Beobachter ein großflächiges visuelles Muster vorbei, kommt es zu einem optischen Fluss auf der Retina und es wird eine Eigenbewegung simuliert. Diese Simulation löst kompensatorische optokinetische Reflexe aus. (Klinke et al., 2010)

Ein vestibulärer Nystagmus kann durch direkte Reizung des Vestibularorgans bzw. horizontaler Bogengang ausgelöst werden:

- Thermische Reizung: Der Patient liegt und hat den Kopf um 30° angehoben oder er sitzt und der Kopf ist um 60° zurückgeneigt. Der horizontale Bogengang befindet sich so in einer vertikalen Position. Der äußere Gehörgang wird jeweils 30 Sekunden lang mit warmen (44°) oder kaltem (30°) Wasser gespült. Die Erwärmung des äußeren Bogengangs führt zu einer Abnahme der Endolymphdichte und somit des spezifischen Gewichts. Es kommt zu einer ampullopetalen Endolymphbewegung und dies führt zu einer Erhöhung des Ruhetonus im gleichen Vestibularorgan. Die Folge ist ein Nystagmus zur ipsilateralen Seite. Erfolgt eine Abkühlung des Bogengangs kommt es zu einer ampullofugalen Endolymphbewegung und zu einer Verringerung des Ruhetonus des gleichen Vestibulariszentrums. Der dadurch ausgelöste Nystagmus geht in die kontralaterale Richtung. (Boenninghaus et al., 2012)
- Rotatorische Reizung: Der Patient sitzt in einem Drehstuhl und der Kopf ist 30° nach

vorne geneigt, damit eine waagerechte Position des horizontalen Bogengangs entsteht. Beim Andrehen nach links kommt es zu einem perrotatorischen Linksnystagmus. Der Nystagmus nach links entsteht durch die Beschleunigung bei der die Endolymphe zurückbleibt und es zu einer ampullopetalen Endolymphbewegung im linken horizontalen Bogengang kommt. Während der Drehung sistiert der Nystagmus, da die Beschleunigung wegfällt. Wird der Patient nun angehalten entsteht ein postrotatorischer Nystagmus in die kontralaterale Richtung. Beim Anhalten nach der links Drehung geht der Nystagmus nach rechts, da es zu einer ampullofugalen Endolymphbewegung des linken horizontalen Bogengangs kommt.

### 1.3.2.3 Nystagmographie

Die Nystagmographie dient der objektiven Erfassung und Aufzeichnung von Nystagmen. Die Bewegungen der Augen werden registriert und erlauben die Berechnung quantitativer Parameter. Zwei im klinischen Alltag relevante Techniken sind die Elektronystagmographie und die Videookulographie.

- Elektronystagmographie (ENG): Die Kornea und die Retina haben unterschiedliche Ionenkonzentrationen, so dass das korneoretinale Bestandpotential entsteht. Die ENG benutzt diese Potentialdifferenz als Signalquelle. Die Ableitung horizontaler und vertikaler Augenbewegungen erfolgt mittels Ag/AgCl-Elektroden auf der Haut. Außerdem werden ein Registrierteil und ein Verstärker benötigt. Die Potentialänderungen werden für beide Augen getrennt erfassbar, es sind jedoch keine rotatorischen Bewegungen der Augen registrierbar. Die Messungen können auch bei geschlossenen Augen durchgeführt werden. (Kramme, 2011)

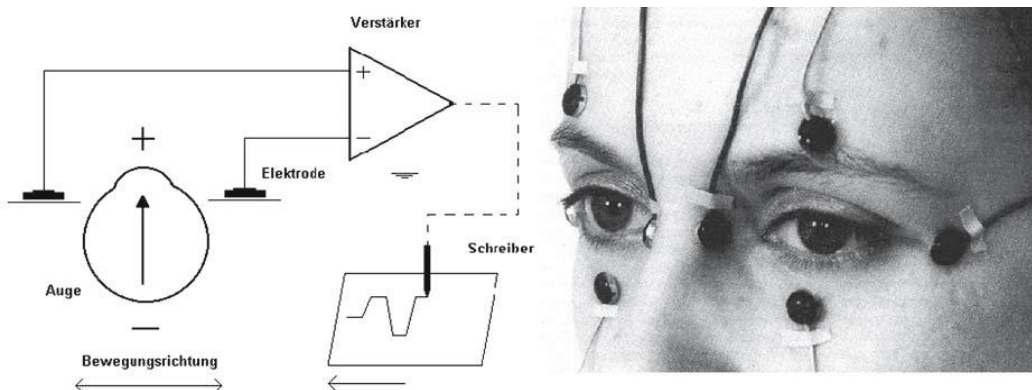


Abbildung 1.3 ENG Links: Schema der Messvorrichtung, rechts: Platzierungen der Elektroden (aus dem Buch Medizintechnik Verfahren - Systeme - Informationsverarbeitung von Kramme R. 2011)

- Videookulographie (VOG): Die VOG ist ein modernes computerbasiertes Verfahren mit dem Torsionsbewegungen registriert werden können. Die Augenbewegungen werden hier mit einer Infrarotkamera registriert und an einen Rechner weitergeleitet. Die Beleuchtung des Auges erfolgt mittels mindestens zweier Leuchtdioden, die infrarotes Licht emittieren. Die Pupille ist als dunkelster Ort im Auge detektierbar und befindet sich im Mittelpunkt des Bildes. Die Bewegungen der Pupille werden verfolgt und durch den Computer registriert. (Kramme, 2011) Die Messungen können allerdings

nur bei geöffnetem Auge erfolgen.

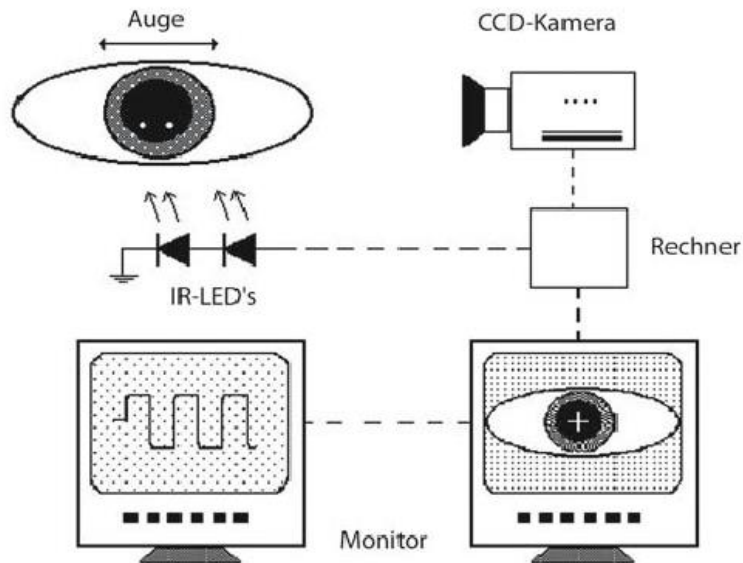


Abbildung 1.4 VOG: Schema der Messvorrichtung (aus dem Buch *Medizintechnik Verfahren - Systeme - Informationsverarbeitung* von Kramme R. 2011)

#### 1.3.2.4 Funktionsprüfung des Otholithenapparates

Die Funktion des Sacculus kann mit Hilfe von vestibulär evozierten myogenen Potenzialen überprüft werden. Der Utriculus wird durch den Test der subjektiven visuellen Vertikalen geprüft. Beide Tests werden im Kapitel Material und Methoden genauer erläutert.

### 1.4 Das Cochlea Implantat

#### 1.4.1 Die Geschichte des Cochlea Implantats

Eine hochgradige Schwerhörigkeit oder gar eine Taubheit können für Betroffene in der Gesellschaft eine unüberwindbare Barriere darstellen. Die Kommunikation ist stark beeinträchtigt, so dass es sogar zur Isolation kommen kann. Die Betroffenen konnten das Lippenlesen erlernen, um ihr Umfeld zu verstehen oder die Gebärdensprache zur Verständigung nutzen. Nur wird diese Art der Verständigung von der restlichen Bevölkerung oft nicht verstanden.

Die elektrische Innenohrprothese, das Cochlea Implantat eröffnete für ertaubte Menschen ganz neue Perspektiven.

Der erste Nachweis, dass die elektrische Stimulation des Hörnervs eine Hörempfindung auslösen kann erbrachte Djourno u. Eyriés 1957. (Djourno et al., 1957)

Als Dr. William House die ersten Cochlea Implantate mit einer Elektrode (einkanalig) vorstellte, waren alle noch sehr skeptisch. Das Sprachverständnis mittels dieser Implantate war nicht sehr ausgereift. Erst als Systeme mit mehreren Elektrodenkontakten (mehrkanalig)

implantiert worden sind, verbesserte sich das Sprachverständnis erheblich. Die erhöhte Anzahl an Elektrodenkontakten ermöglichte es den Hörnerv an verschiedenen Stellen in der Cochlea zu stimulieren, so dass ein breiteres Spektrum an Tönen erzeugt werden konnte. (Møller, 2006)

#### **1.4.2      **Aufbau und Funktionsweise des Cochlea Implantats****

Das Cochlea Implantat ermöglicht es durch direkte Reizung des Hörnervs, Höreindrücke zu erzeugen. Der Patient braucht jedoch Motivation und Zeit bis er die Höreindrücke zum Sprachverständnis richtig interpretieren kann.

Das Cochlea Implantat besteht aus zwei wesentlichen Bauteilen: einem Sprachprozessor und dem Implantat mit der Elektrode. Die akustischen Signale werden durch das Mikrophon im Sprachprozessor aufgenommen und der Audioprozessor wandelt die Signale in ein elektrisches Muster um. Der Sprachprozessor wird hinter dem Ohr getragen. Das Implantat enthält die Empfangsspule, welche die elektrischen Impulse aufnimmt, dekodiert und der Elektrode zuleitet. Die Empfangsspule wird am Schläfenbein eingesetzt. Die Energieversorgung des Implantats erfolgt durch den Sprachprozessor transkutan. (Boenninghaus et al., 2012)

Die Elektrode kommt in der Scala tympani zum Liegen und weist mehrere Elektrodenkontakte auf. Die einzelnen Elektrodenkontakte erreichen verschiedene Tiefen der Cochlea, so dass sie unterschiedliche Nervenzellpopulationen des Hörnervens reizen. Dadurch wird versucht die Frequenz-Orts-Transformation zu imitieren und verschiedene Höreindrücke zu erzeugen. (Wintermantel et al., 2009)

#### **1.4.3      **Voruntersuchungen****

Die Voruntersuchungen liefern die ausschlaggebenden Informationen für die Eignung eines Patienten für ein Cochlea Implantat. Das Resultat der Implantation und das resultierende Hörvermögen des Patienten hängen davon ab, in wieweit der Patient sich für diese Art der Therapie eignet. Der Patient sollte über die Operation und die weiterführende Nachbetreuung aufgeklärt werden. Dem Patienten muss erläutert werden, dass seine aktive Mitarbeit bei der Rehabilitation essentiell ist, um ein gutes Hörvermögen zu erreichen.

Folgende Voruntersuchungen werden von der Deutschen Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Hals-Chirurgie in der Leitlinie empfohlen:

- Erhebung des Allgemeinstatus und der Anamnese
- HNO-Status (einschließlich Trommelfellmikroskopie)
- Ton- und Sprachaudiometrie
- Hörgeräteüberprüfung und -optimierung
- Berücksichtigung psychischer Faktoren
- Objektive Hörprüfungen (TEOAE, Impedanzaudiometrie, Brainstem evoked response audiometry, Promontoriumtest)
- Prüfung der Funktion des Labyrinths
- Felsenbein-Computertomographie
- Magnetresonanztomographie des Felsenbeins und des Kleinhirnbrückenwinkels

(Laszig et al., 2012)

#### **1.4.4 Indikationen**

Die Indikation für ein Cochlea Implantat kann nur gestellt werden, wenn alle Vorbefunde und Voruntersuchungen berücksichtigt werden. Eine Nachbetreuung ist unerlässlich und sollte durch den Operateur erfolgen.

Die Cochlea Implantation kann bei Patienten mit einem Ausfall der Innenohrfunktion in Betracht gezogen werden. Der Hörnerv und die nachfolgenden Strukturen müssen jedoch intakt sein, damit bei elektrischer Reizung des Hörnervs ein Höreindruck entstehen kann.

Folgende Hilfsmittel-Richtlinien gelten für die Verordnung eines Cochlea Implantats:

- Ein- und beidseitige cochleäre Taubheit
- Bei Kindern die taub geboren, vor- oder während des Spracherwerbs ertaubt sind, sollte frühzeitig eine Implantation erfolgen
- Postlinguale Ertaubung, die Implantation sollte im ersten Jahr nach der Ertaubung erfolgen
- Patienten mit Hörresten, bei denen eine Hörgeräteversorgung nicht ausreicht, um ein Sprachverständnis zu ermöglichen (Boeninghaus, 2012)

Die bilaterale Implantation wird heutzutage immer häufiger durchgeführt, da sie zu einem verbesserten Richtungshören und zu einem besseren Sprachverständnis in einer Umgebung mit Störgeräuschen führt.

#### **1.4.5 Kontraindikationen**

Die folgenden Gegebenheiten sprechen gegen eine Cochlea Implantation:

- Das Fehlen der Cochlea oder des Hörnervs
- Zentrale Taubheit
- Fehlende Rehabilitationsfähigkeit
- Fehlende Möglichkeit der Wahrnehmung einer postoperativen Nachsorge oder Rehabilitation

Relative Kontraindikationen sind:

- Akute Infektion des Mittelohrs (Implantation nach Infektsanierung möglich)
- Negativer subjektiver Promontoriumstest
- Schwere Allgemeinerkrankungen

(Laszig et al., 2012)

#### **1.4.6 Operationstechnik**

Das operative Vorgehen wird detailliert unter dem Kapitel Material und Methoden beschrieben.

#### **1.4.7 Postoperative Folgebehandlung**

Die Rehabilitation beginnt in der Regel 4-6 Wochen nach der Implantation. Der Sprachprozessor wird zum ersten Mal eingestellt und dann schrittweise optimiert. Die Nachbehandlung erfolgt multidisziplinär mit der Hilfe von HNO-Fachärzten sowie Ingenieuren, Logopäden, Audiologen und Psychologen und dauert einige Monate. Die

Patienten lernen die Höreindrücke richtig zu interpretieren und der Sprachprozessor wird individuell auf den Patienten eingestellt. Hör- und Sprachtests dienen der Optimierung der Cochlea Implantat (CI)-Anpassung und somit des Sprachverständnisses. Außerdem lernt der Patient das CI richtig zu handhaben und zu pflegen. Ein halbes Jahr nach der Implantation sind noch jährliche Nachsorgetermine wahrzunehmen.

#### **1.4.8      Komplikationen nach der Implantation**

Die Cochlea Implantation ist an sich ein komplikationsarmer Eingriff. Es kann jedoch wie bei jeder Operation zu Einblutungen, Infektionen und Wundheilungsstörungen kommen. Die Implantation ist ein invasiver Eingriff bei dem umliegende Strukturen verletzt werden könnten. Bei einer Verletzung des N. facialis könnte es zu Geschmacksstörungen oder Gesichtslähmungen kommen. Weitere Komplikationen könnten durch ein Defekt des Materials oder eine Fehllage der Elektrode entstehen. Die Elektrode wird in die Schnecke eingeführt, so dass ein Resthörvermögen verloren gehen oder ein Ohrgeräusch entstehen kann. Da das Vestibularorgan in Verbindung mit der Cochlea steht, kann es zum Auftreten von Schwindel kommen. Gleichgewichtsstörungen können die Patienten erheblich belasten und auch zu schwerwiegenden Problemen führen. Bei Kindern z.B. kann dadurch die motorische Entwicklung beeinträchtigt werden und eine Gleichgewichtsstörung lässt vor allem bei älteren Patienten das Sturzrisiko ansteigen. Deshalb sollten die Patienten präoperativ über die möglichen Komplikationen aufgeklärt werden und eine Kosten-Nutzen-Abwägung erfolgen.

## 2 Ziele und Fragestellungen

Das Ziel dieser Arbeit war es den Einfluss der Insertionstiefe und des Elektrodentyps auf das Risiko vestibulärer Nebenwirkungen bei der Cochlea Implantation zu untersuchen.

Folgende Fragestellungen haben sich ergeben:

1. Lassen sich Unterschiede im Auftreten von Schwindel je nach Insertionstiefe eruieren?
2. Lässt sich ein Zusammenhang zwischen der Insertionstiefe und einer messbaren vestibulären Funktionsstörung darstellen?
3. Hat das Elektrodendesign einen Einfluss auf die Schwindelsymptomatik und die vestibuläre Funktion?
4. Bestehen prädisponierende Risikofaktoren hinsichtlich Alter, Geschlecht, Implantat-Seite, Implantat-Hersteller, Elektrodendesign, Insertionstiefe, Operateur, Bogengangsfunktion, Sacculusfunktion, Utriculusfunktion die das Auftreten von Schwindel begünstigen?
5. Gibt es andere Einflussfaktoren wie Lagerung, Narkose, Operationsdauer, welche ebenfalls postoperativ Schwindel oder Gleichgewichtsstörungen auslösen können?



## **3 Material und Methoden**

### **3.1 Patientenkollektiv**

Für die Fragestellung wurde ein Patientenkollektiv von 101 Patienten untersucht. Die Patienten wurden alle in der Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde in Großhadern untersucht und operiert. Im Kollektiv waren 57 (56%) Patienten männlich und 44 (44%) waren weiblich. Die Datenerhebung wurde von 2006 bis 2012 durchgeführt. Die Patienten waren am Tag der Operation im Durchschnitt 57 Jahre alt (Median 59 Jahre, Standardabweichung (SD)  $\pm$  18 Jahre). Das Alter der Patienten variierte von 14 bis 87 Jahre.

Die Einschlusskriterien waren:

- Indikation zur Cochlea Implantation
- Alter  $\geq$  14 Jahre
- Teilnahme und schriftliches Einverständnis an Voruntersuchungen und Nachbetreuung in unserem CI-Zentrum
- Einseitige und erstmalige Cochlea Implantation

Die Ausschlusskriterien waren:

- Bilaterale Implantation
- Voroperiertes Ohr
- Reimplantation

Kinder wurden aus der Studie ausgeschlossen, da sie in speziellen CI-Zentren für Kinder postoperativ betreut werden. Außerdem können die in der Studie durchgeführten Untersuchungen nicht zuverlässig mit zu jungen Kindern ausgeführt werden

### **3.2 Schwindelfragebögen**

Der Fragebogen wurde speziell für Cochlea Implantationen in der Klinik für Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde entwickelt und bereits in mehreren Studien angewendet. (Louza, 2010).

Die Schwindelfragebögen wurden zur qualitativen Erfassung der Schwindelsymptomatik bei CI-Patienten sowie bei nicht CI-Patienten eingesetzt. Die Fragebögen dienten der Erfassung und Charakterisierung der Schwindelsymptomatik prä- und postoperativ. Die Patienten füllten den ersten Fragebogen prospektiv bei den Voruntersuchungen vor der Cochlea Implantation aus. Der zweite Fragebogen wurde von den Patienten 2 bis 9 Tage nach der Cochlea Implantation bearbeitet. Den letzten Fragebogen erhielten die Patienten, wenn sie zur Erstanpassung 4 bis 6 Wochen nach der Operation in die HNO-Ambulanz im Klinikum Großhadern kamen.

Die CI-Patienten haben die Schwindelfragebögen zu vorgegebenen Zeitpunkten ausgefüllt:

1. Ausfüllen des Schwindelfragebogens präoperativ (Siehe Anhang Abbildung A.1)
2. Ausfüllen des Schwindelfragebogens ca. 1 Woche nach der Operation (Siehe Anhang



Abbildung A.2)

3. Ausfüllen des Schwindelfragebogens 4 bis 6 Wochen nach der Operation bei der Erstanpassung (Siehe Anhang Abbildung A.3)

Ein Vergleichskollektiv ohne Innenohroperation mit ähnlicher Lagerung, Narkose und Operationsdauer wurde ebenfalls mittels Fragebögen befragt. Die Nicht-CI-Patienten unterliefen alle eine Operation an der Glandula Parotis mit vergleichbarer OP-Dauer (ca. 2 Stunden) und gleichem Narkoseregime (i.v.-Propofol-Narkose). Die Parotis-Patienten füllten die Schwindelfragebögen ebenfalls zu vorgegebenen Zeitpunkten aus.

1. Ausfüllen des Schwindelfragebogens präoperativ (Siehe Anhang Abbildung A.4)
2. Ausfüllen des Schwindelfragebogens 1 Woche nach der Operation (Siehe Anhang Abbildung A.5)

Die Patienten füllten den ersten Schwindelfragebogen vor der Operation aus, um eine vorhandene Schwindelsymptomatik festzustellen.

Der Fragebogen umfasste folgende Kriterien (siehe auch Anhang Abbildungen A.1-5):

- Schwindel (ja/nein)
- Zeitlicher Beginn der Schwindelsymptomatik
- Qualität der Schwindel- und Gleichgewichtsstörung
- Häufigkeit der Schwindelsymptome
- Dauer des Schwindels (Sekunden bis Tage)
- Auslöser (ja/nein), wenn ja offene Beschreibung des Patienten
- Vorboten (ja/nein), wenn ja offene Beschreibung des Patienten
- Stärke der Schwindelsymptomatik (einzeichnen auf einem horizontalem Strich von gar nicht, harmlos bis extrem, nicht auszuhalten)
- Zusätzlicher Platz für Bemerkungen des Patienten

Die Patienten wurden alle über die Ziele der Datenerhebung aufgeklärt und gaben eine Einverständniserklärung zur Teilnahme an der Studie ab, wobei sie erklärten, dass ihre Daten nach den Vorschriften der Datenschutzverordnung für eine wissenschaftliche Studie benutzt werden durften.

### **3.3 Bestimmung der Elektrodeninsertionstiefe**

Die Elektrodeninsertionstiefe wurde retrospektiv mit Hilfe der Röntgenbilder zur Stellungskontrolle der Implantate bestimmt. Die Röntgenaufnahmen des Felsenbeins wurden nach Stenvers angefertigt. Der Patient sitzt vor einer vertikalen Röntgenaufnahmeplatte und seine Stirn, Nase und Os zygomaticum der implantierten Seite stehen in einem 45° Winkel zum Film.

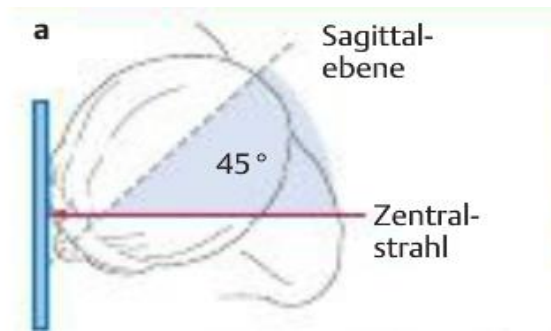


Abbildung 3.1 Aufnahme nach Stenvers (aus Radiologie von Reiser, 2011)

Die Auswertung der Felsenbein-Aufnahmen erfolgte nach Xu et al. (Xu et al., 2000) (Siehe Abbildung 3.2)

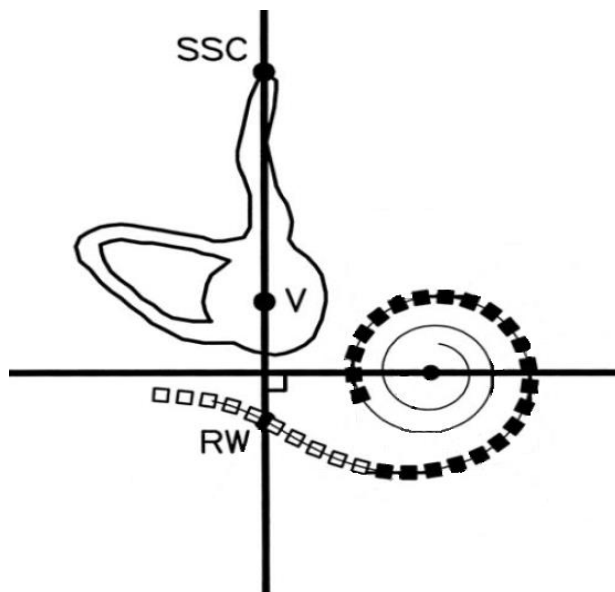
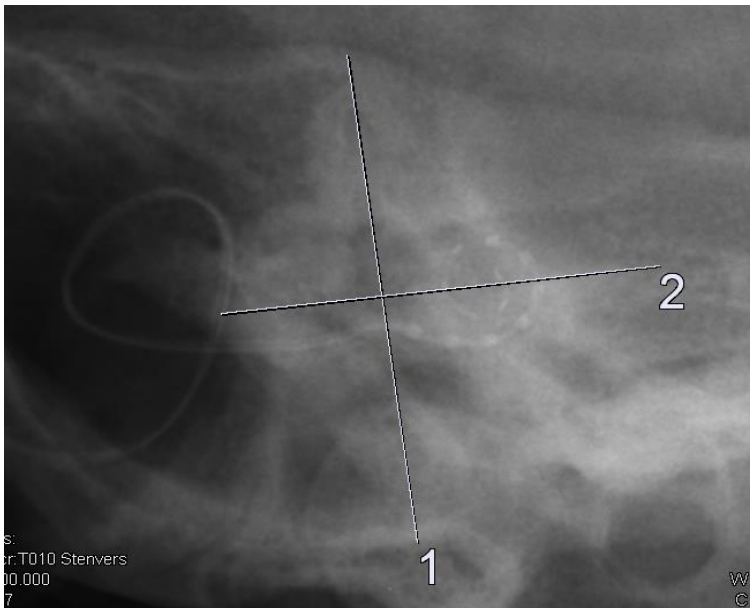


Abbildung 3.2 Schematische Darstellung des Vestibulums und der Elektrodenlage in der Cochlea (SSC: Canalis semicircularis anterior, V: Vestibulum, RW: rundes Fenster) (aus (Xu et al., 2000))

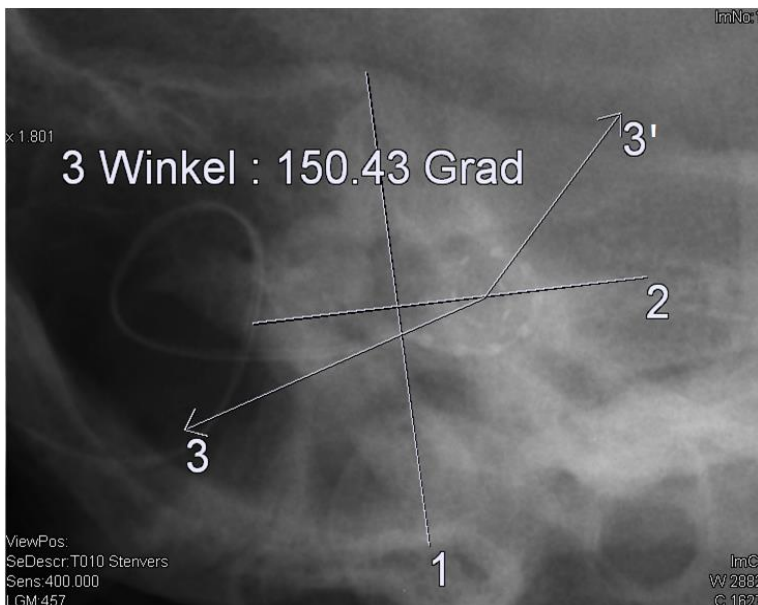
Auf der Röntgenaufnahme wurde als erstes der anteriore Bogengang (Canalis semicircularis anterior) identifiziert. Dann wurde eine vertikale Linie (1) durch den anterioren Bogengang und das Zentrum des Vestibulums gelegt. Diese vertikale Linie kreuzt die Elektrode am Übergang zum runden Fenster, wo die Elektrode in die Cochlea inseriert.

Eine waagerechte Hilfslinie (2) wurde senkrecht zur vertikalen Linie und durch den Mittelpunkt der Elektrodenspirale gezogen. Der Mittelpunkt der Elektrodenspirale stellt die Mitte der Cochlea dar. (Siehe Abbildung 3.3)



**Abbildung 3.3 Röntgenaufnahme nach Stenvers (1. Vertikale Linie durch die Spitze des vorderen Bogengangs und das Vestibulum; 2. Senkrechte Hilfslinie durch die Mitte der Cochlea)**

In die Mitte der Cochlea auf die Hilfslinie werden die Pfeile (3) angesetzt, welche den Winkel zwischen dem Eingang ins runde Fenster und dem Ende der Elektrodenspirale bestimmen. Der Pfeil kreuzt die Elektrode in dem Punkt, wo auch die vertikale Linie vom anterioren Bogengang und Vestibulum die Elektrode kreuzt. Der zweite Pfeil kreuzt die letzte Elektrode der Elektrodenspirale in der Cochlea. (Siehe Abbildung 3.4)



**Abbildung 3.4 Röntgenaufnahme nach Stenvers (1: Vertikale Linie durch die Spitze des vorderen Bogengangs und das Vestibulum; 2: Senkrechte Hilfslinie durch die Mitte der Cochlea; 3: Pfeil markiert das runde Fenster an der Kreuzung von Linie 1 und der Elektrode; 3': Pfeil geht durch die Spitze der letzten Elektrode in der Cochlea)**

Der gemessene Winkel dient der Bestimmung der Insertionstiefe in Abhängigkeit wie oft sich

die Elektrodenspirale in der Cochlea windet.

Eine komplette Windung steht für 360°, zwei komplette Windungen stehen für 720°. Die kompletten Windungen werden ausgezählt und dann wird der Winkel zwischen den beiden Pfeilen dazu addiert, wenn die letzte Windung komplett ist und der gemessene Winkel nicht über 180° beträgt. Bei einer inkompletten letzten Windung und einem gemessenen Winkel unter 180° wird der gemessene Winkel subtrahiert. In dem hier aufgeführten Fall in Abbildung 3.4 sehe die Rechnung folgendermaßen aus:  $720^\circ - 150,43^\circ = 569,57^\circ$ . Zur Auswertung wurde das Bildbearbeitungssystem PACS Viewer (Syngo Studio V36) (Siemens AG, Germany) benutzt.

### 3.4 Prüfung der Bogengangsfunktion

Zur Prüfung des lateralen Bogengangs erfolgte eine Nystagmographie mittels Videookulographie (VOG) präoperativ und 4 bis 6 Wochen postoperativ bei der Erstanpassung. Die VOG wurde mit Hilfe von einem computergestützten 2D VOG-Gerät mit der Software Video-Oculography® Version 4 von der Firma SensoMotoric Instruments GmbH, Deutschland durchgeführt. Die Geschwindigkeit der langsamen Phase (GLP) der Nystagmen wurde in °/s gemessen. Das Computersystem hat die mittlere GLP bestimmt und bei der kalorischen Prüfung hat es die Seitendifferenz zwischen beiden Ohren mit folgender Formel berechnet:

$$\text{Seitendifferenz} = 100 \times \frac{mGLP_{\text{rechtes Ohr}} - mGLP_{\text{linkes Ohr}}}{mGLP_{\text{rechtes Ohr}} + mGLP_{\text{linkes Ohr}}}$$

(2D VOG- Video-Oculography® Version 4)

Der Ablauf und die Auswertung der Untersuchung waren standardisiert:

- Horizontale/Vertikale Spontannystagmen: Die VOG erfolgte in einem abgedunkelten Raum um eine optische Fixation auszuschließen. Die Untersuchung dauerte etwa zwei Minuten. Ein Spontannystagmus (SPN) wurde angenommen, wenn der Ausschlag größer als 1°/s war.

Die Auswertung auf einen horizontalen SPN wurde in vier Kategorien aufgeteilt:

- Kein SPN
- SPN zur gesunden Seite
- SPN zur CI-Seite
- Richtungswechselnd

Die Auswertung auf einen vertikalen SPN wurde ebenfalls in 4 Kategorien eingeteilt:

- Kein SPN
  - Up beats
  - Down beats
  - Richtungswechselnd
- Thermische Prüfung: Der Patient lag bei der Untersuchung auf einer Liege. Diese Liege wurde um 60° in der horizontalen Ebene gekippt um eine senkrechte Position des

horizontalen Bogengangs zu erreichen. Die Gehörgänge wurden jeweils mit 50 - 100 ml warmen (44°) und kaltem (30°) Wasser für 30 Sekunden gespült. (Hallpike, 1956)

Zum Auswerten wurden die Wert der gemessen GLP für die Kalt- und Warmspülung der CI-Seite addiert. Die Summe ergab wie stark das operierte Ohr auf die kalorische Reizung reagiert. Die Ergebnisse wurden dann quantitativ ausgewertet und in folgende Kategorien eingeteilt:

- normal:  $40^{\circ}/s \geq \text{GLP} > 10^{\circ}/s$
- überschießend:  $\text{GLP} > 40^{\circ}/s$
- untererregt:  $\text{GLP} \leq 10^{\circ}/s$
- Ausfall:  $\text{GLP} < 5^{\circ}/s$

Außerdem wurden die Ergebnisse der kalorischen Prüfung im Seitenvergleich betrachtet und in folgende Kategorien eingeteilt:

- seitengleich regelrecht
- Seitendifferenz zu Ungunsten der "gesunden" Seite
- Seitendifferenz zu Ungunsten der CI-Seite
- Ausfall beidseits

### **3.5 Prüfung der Sacculusfunktion**

Zur Prüfung der Sacculusfunktion wurden die vestibulär evozierten myogenen Potentiale (VEMP) verwendet. Die VEMP sind Muskelreflexe bei denen es sich um eine ipsilaterale biphasische Halsmuskelaktivität handelt. Die akustische Stimulation des Sacculus löst die VEMP am M. sternocleidomastoideus aus. Die afferenten Signale werden über den N. vestibulocochlearis oder über den N. vestibularis inferior zum Hirnstamm geleitet und dort auf den efferenten Schenkel des Tractus vestibulospinalis umgeschaltet. (Stoll et al., 2004, p. 105) Die Oberflächenelektroden wurden auf den M. sternocleidomastoideus geklebt und als Referenzelektrode wurde eine Elektrode an das Sternum geklebt. Die Erdungselektrode wurde an das Kinn geklebt. Der Kopf sollte zur Gegenseite schauen, damit der ipsilaterale M. sternocleidomastoideus angespannt wird und somit die abgeleiteten Amplituden besser darstellbar sind. Den Patienten wurden auf dem ipsilateralen Ohr tieffrequente Klicks mit hoher Intensität angeboten. Die VEMP konnten dann am M. sternocleidomastoideus abgeleitet werden. (Iro, 2011, p. 39)

Die Amplitude der VEMP wurde in  $\mu\text{V}$  zu vorgegebenen Zeitpunkten gemessen.

- Präoperativ
- 4 bis 6 Wochen nach der Operation bei der Erstanpassung.

Die VEMP wurden im Seitenvergleich zur Auskunft über die Sacculusfunktion herangezogen. Die präoperative Messung sollte eine bereits vorhandene Störung des Sacculus aufdecken. Das Fehlen der VEMP deutet auf eine Störung der Sacculusfunktion hin.

## 3.6 Prüfung der Utriculusfunktion

Zur Funktionsüberprüfung des Utriculus wurde die Subjektive Visuelle Vertikale (SVV) verwendet. Der Patient bekommt eine Linie auf eine Wand projiziert. Die Aufgabe des Patienten besteht nun darin, diese Linie nach seinem Empfinden in eine vertikale Position zu bringen. Patienten mit intaktem Utriculus gelingt es die Linie erneut vertikal auszurichten. Bei einer akuten Funktionsstörung des Utriculus bleibt eine Kippung vorhanden und die Linie wird nicht vertikal ausgerichtet. Das Ausmaß der Schädigung und die betroffene Seite beeinflussen das Ausmaß und die Auslenkung der Kippung. (Schmidt) Die Abweichung der SVV kann sich nach Wochen wieder normalisieren. In der Studie "Assessment of otolith function by using subjective visual vertical analysis" konnten nach 2 Jahren nur noch bei der Hälfte der Patienten nach selektiver Vestibularisneurektomie pathologische Werte nachgewiesen werden. (Böhmer, 1997)

Die SVV wurde zu bestimmten Zeitpunkten gemessen:

- Präoperativ
- 4 -6 Wochen nach der Operation

Die SVV wurde präoperativ gemessen, um bestehende Utriculusfunktionsstörungen aufzudecken. Somit kann man postoperativ neuaufgetretene Störungen von schon vorhandenen präoperativen Störungen besser differenzieren.

Die Abweichung von der Vertikalen wurde in Grad Schritten gemessen:

- Normal:  $-2^\circ < SVV < 2^\circ$
- Zu Ungunsten des linken Ohrs:  $SVV < -2^\circ$
- Zu Ungunsten des rechten Ohrs:  $SVV > 2^\circ$

## 3.7 Cochlea Implantate

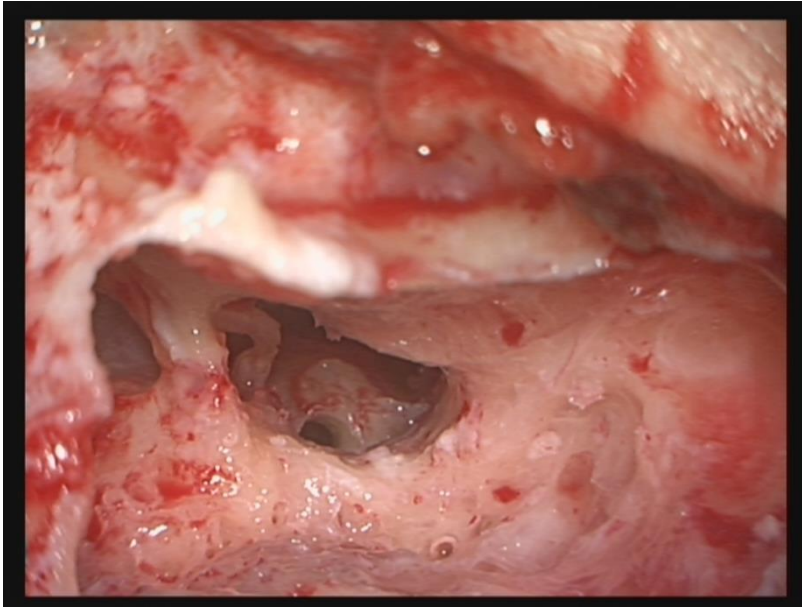
### 3.7.1 Operation

Die Cochlea Implantationen wurden von sechs verschiedenen Operateuren durchgeführt. Die Operateure werden im Folgenden als Operateur 1 bis 6 bezeichnet. Die Auswahl des Operateurs war unabhängig von dieser Studie. Die Operationstechnik ist standardisiert und wurde von allen sechs Operateuren verwendet.

Vor der Operation wird nach ausführlichen Voruntersuchungen die Indikation zur Cochlea Implantation gestellt und am Tag vor der Operation bestätigt. Die Patienten werden über das Vorgehen und die Risiken aufgeklärt und müssen eine Einverständniserklärung unterschreiben. Einen Tag vor der geplanten Operation werden die Patienten stationär aufgenommen. Die Operation erfolgte in Rückenlage unter Intubationsnarkose. Der Operateur führte eine retroaurikuläre Inzision durch und legte mit Hilfe einer Schablone ("templates") das Knochenbett für das Implantat und die Elektrodenträger fest. Das Lager für das Implantat wurde dann ausgefräst. Anschließend folgte die Mastoidektomie. Es wurde eine posteriore Tympanotomie durchgeführt, wobei ein Zugang zwischen den N. facialis und die Chorda



tympani gebohrt wurde. (Siehe Abbildung 3.5)



**Abbildung 3.5 Blick in das rechte Mittelohr durch das Mastoid nach posteriorer Tympanotomie (Intraoperative Aufnahme)**

Nun folgte die Einführung der Elektrode in die Cochlea über einen (erweiterten) Rundfensterzugang. Somit kam die Elektrode sicher in der Scala tympani zu liegen. Der Zugang wurde mit Bindegewebe abgedichtet. Die Abdichtung ist wichtig, um den Austritt von Perilymphe zu verhindern und mögliche Infektionen vorzubeugen. Falls vorhanden wurde die Neutralelektrode unter den M. temporalis gelegt. Intraoperativ erfolgte eine Funktionsprüfung des Implantats mittels Impedanz-, Telemetrie und Stapediusreflexmessungen. Waren die Testergebnisse regelrecht, wurde die Wunde dreischichtig verschlossen. Es wurde ein steriler Verband für 24 Stunden angelegt.

Eine antibiotische intravenöse Prophylaxe mit einem Cephalosporin der dritten Generation (Cefotaxim) und 250 mg bis 500 mg Prednisolon i.v. wurden perioperativ verabreicht. Der Patient wurde in der Regel nach 5 Tagen entlassen und die ambulante CI Erstanpassung erfolgte 4 bis 6 Wochen postoperativ.

### **3.7.2 Implantate**

Es wurden Cochlea Implantate von zwei Herstellern verwendet: Cochlear GmbH (Deutschland, Hannover) und MED-EL GmbH (Österreich, Innsbruck).

Bei Patienten, die ein Implantat von der Firma Cochlear erhielten, wurde ein “Nucleus® Cochlear Implantat“ mit unterschiedlichen Sprachprozessoren eingesetzt. Es wurden drei verschiedene Elektrodentypen implantiert: CI24RECA, CI24REST, CI422. Die Elektrodenträger besitzen 22 Platinelektroden, wobei die Länge und die Verformbarkeit variieren. Die Contour Advance™ Elektrode (CA) ist vorgeformt, um eine exakte und fokussierte Stimulation des Hörnervs zu gewährleisten. (Cochlear Deutschland GmbH & Co) Die Slim-Half-Band-Straight-Elektrode (CI422) ist eine dünne gerade Elektrode. Die Straight-Standard-Elektrode besitzt Vollbandelektroden und wird bevorzugt bei Patienten mit

Missbildungen der Cochlea eingesetzt. (Cochlear Deutschland GmbH & Co).

Bei den Patienten, die ein Implantat von MED-EL erhielten, wurden drei Implantatdesigns verwendet: "Concerto", "Pulsar", "Sonata". Die Elektroenträger von MED-EL sind wellenförmig geformt, weich und flexibel. Den Patienten wurden vier verschiedene Elektrodentypen implantiert: "Standard", "Flex28", "Flexsoft", "Compressed". Die Standard-Elektrode hat eine Länge von 31 mm und besitzt 12 Kontaktpaare. Der Flex28-Elektroenträger ist weicher und flexibler. Er besitzt ebenfalls 12 Kanäle bei einer Eindringtiefe von 28 mm. Der Flexsoft-Elektroenträger hat eine besonders weiche Spitze. Die Eindringtiefe beträgt maximal 31,5 mm. Die Compressed-Elektrode hat 12 Kontaktpaare über eine Länge von 12 mm. (MED-EL)

### **3.8 Datenerhebung und statistische Auswertung**

Die Daten zum SPN, thermische Prüfung, VEMP, SVV, Operateure, Elektrodentypen wurden mit Hilfe von Patientenakten bzw. mit dem Datenbanksystem der HNO-Großhadern der Ludwig-Maximilian-Universität München erhoben. Die Studie wurde von der Ethikkommission genehmigt und erhielt die Ethiknummer 442-08. Die Information, ob Schwindel prä- und/oder postoperativ vorhanden war, wurde mit Hilfe von Fragebögen erhoben. Die Insertionstiefe wurde mit Hilfe von Röntgenbildern und dem Programm PACS-Viewer ermittelt. Der PACS-Viewer (Syngo Studio V36) (Siemens AG, Germany) ist eine Bildbearbeitungssoftware, welche es ermöglicht Röntgenbilder elektronisch auszuwerten.

Das Programm Microsoft Office Excel 2003 wurde zur Datenerhebung verwendet. Die statistische Auswertung erfolgte mit Hilfe der Statistiksoftware SPSS 20.0 von 2011 für Windows.

Die deskriptiven Daten wurden als Erstes erhoben. Diese umfassen:

- Mittelwert
- Median
- SD

Die erhobenen Parameter wurden zur besseren Übersicht teilweise graphisch dargestellt.

Daraufhin folgte die induktive statistische Auswertung. Die kategorialen Daten wurden mit Hilfe von Kreuztabellen analysiert. Bei dichotomen Zielgrößen wurde der Chi-Quadrat-Test angewendet, wenn keine leeren Tabellenzellen vorlagen und wenn maximal 20% der Zellen mit einer Zellenbesetzung unter 5 vorlagen. Sonst wurde bei 2 x 2 Feldern der exakte Fisher-Test angewendet.

Die Daten wurden mittels Shapiro-Wilk und Kolmogorov-Smirnov Test auf Normalverteilung getestet. Der angewendete Test bei Normalverteilung und stetigen Variablen war der t-Test. Bei nicht normalverteilten unabhängigen Variablen wurde der Mann-Whitney U-Test verwendet und bei unabhängigen verbundenen Variablen wurde der Wilcoxon-Test verwendet.

Der p-Wert wurde als statistisch signifikant angenommen, wenn  $p < 0,05$  war.



## 4 Ergebnisse

### 4.1 Analyse demographischer Daten

Die Studie umfasste 101 Patienten, hiervon waren 57 (56%) Männer und 44 (44 %) Frauen. Die Patienten waren am Tag der Operation im Durchschnitt 57 Jahre alt. Der Median betrug 59 Jahre mit einer SD von 18 Jahren. Der jüngste Patient war 14 Jahre alt und der Älteste 87 Jahre alt. (Siehe Anhang Tabelle 4.1)

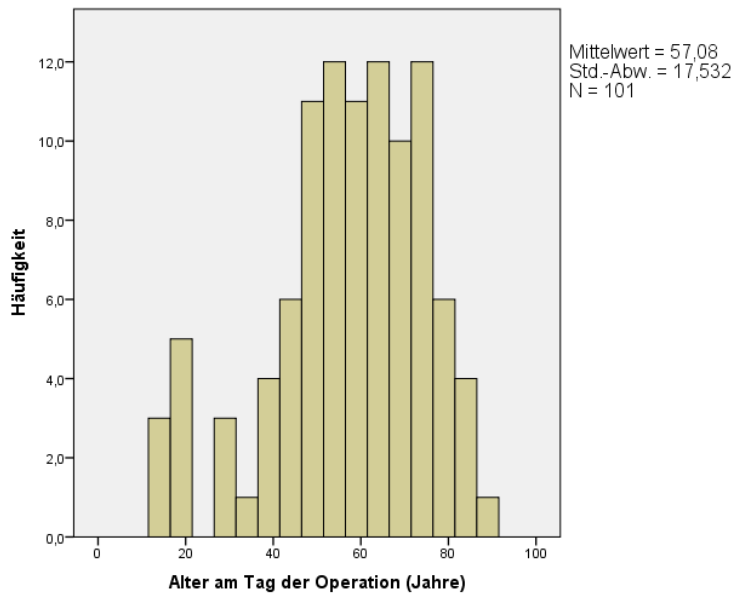


Abbildung 4.1 Altersverteilung am Tag der Operation (n=101)

Die Männer waren durchschnittlich 58 Jahre alt (Median 59 Jahre) bei einer SD von 17 Jahren. Die Frauen waren 2 Jahre jünger (Mittelwert 56 Jahre, Median 59) bei einer SD von 19 Jahren. Das Alter am Tag der Operation entsprach nicht der Normalverteilung. (Siehe Anhang Tabelle 4.2  $p < 0,05$ ) Der Mann-Whitney-U-Test ergab keinen signifikanten Altersunterschied ( $p = 0,600$ ) zwischen Männern und Frauen. Damit entsprach das untersuchte Patientenkollektiv einem repräsentativem Kollektiv für Erwachsene für eine Cochlea Implantation.

### 4.2 Subjektives Schwindelgefühl

Mit Hilfe der Fragebögen wurde untersucht wie viele Patienten vor und nach der Cochlea Implantation an Gleichgewichtsstörungen litten. Bei 16 fehlten die Angaben über präoperativen Schwindel. Bei den Angaben eine Woche nach Operation lagen bei 24 und nach sechs Wochen lagen bei 55 Patienten keine auswertbaren Angaben vor. Die fehlenden Daten sind auf eine fehlende Dokumentation oder auf das Fehlen der ausgefüllten Fragebögen zurückzuführen. Etwa die Hälfte der Patienten (51%) gab an, schon einmal vor der Operation an Schwindel gelitten zu haben, die restlichen 49% Patienten waren dahingehend beschwerdefrei. (Siehe Anhang Tabelle 4.3)

Eine Woche nach der Operation zeigten noch 33 Patienten (43%) neu aufgetretene Gleichgewichtsstörungen. (Siehe Anhang Tabelle 4.4) und sechs Wochen nach der Operation litten noch 16 Patienten (35%) an Schwindelbeschwerden. (Siehe Anhang Tabelle 4.5)

Da bei einigen Patienten keine kontinuierlichen prä- und postoperativen Daten vorhanden waren, wurde das Risiko für Schwindel an den 75 Patienten untersucht, welche eine kontinuierliche Dokumentation aufwiesen. Bei 12 von 36 Patienten (33%), die präoperativ beschwerdefrei waren, trat erstmalig postoperativ Schwindel auf. (Siehe Anhang Tabelle 4.6) Nach 6 Wochen hatten von den 17 Patienten die präoperativ keinen Schwindel aufwiesen noch 3 Patienten (18%) Gleichgewichtsstörungen. (Siehe Anhang Tabelle 4.7)

### 4.3 Funktionsprüfung der Gleichgewichtsrezeptoren im Innenohr

#### 4.3.1 Bogengangsfunktion

##### 4.3.1.1 Spontannystagmus

Zur Abschätzung, ob eine Seitendifferenz der lateralen Bogengangsfunktion vorliegt, wurde untersucht, ob ein horizontaler SPN bei den Patienten vorhanden ist.

Für 81 Patienten lagen die Daten über das Vorhandensein eines horizontalen SPN vor.

Präoperativ wies die Mehrzahl des Gesamtkollektivs (80%) keinen horizontalen SPN auf. Bei den Patienten mit SPN hatten 9 Patienten (11%) einen SPN zur nicht implantierten Seite und 7 Patienten (9%) zum implantierten Ohr. Der SPN war seitenkonstant und nicht richtungswechselnd.

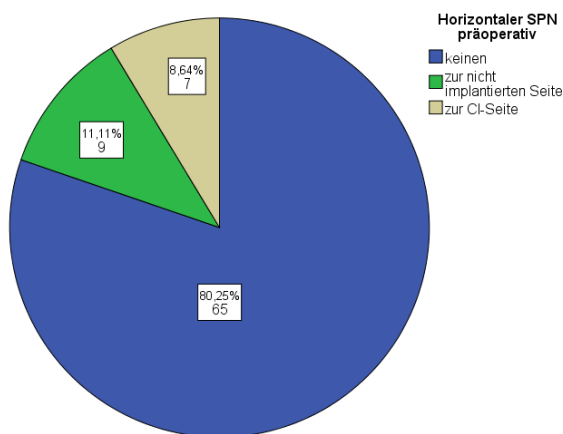
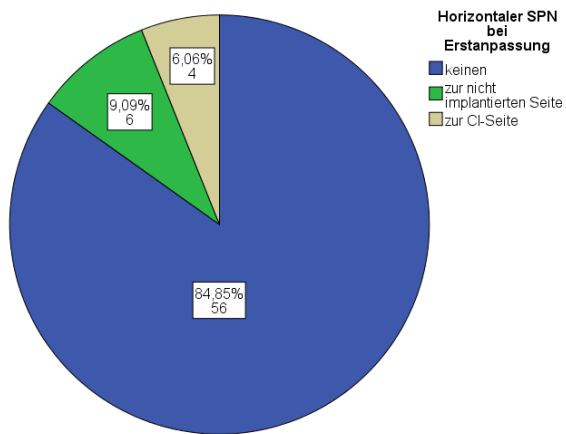


Abbildung 4.2 Horizontaler Spontannystagmus präoperativ (n=81)

Bei der postoperativen Untersuchung 6 Wochen nach der Operation hatte immer noch die Mehrzahl (85%) keinen horizontalen Spontannystagmus. Bei den Patienten mit einem SPN zeigten 6 Patienten (9%) einen SPN zur nicht implantierten Seite und 4 Patienten (6%) zur implantierten Seite. Auch hier gab es keinen richtungswechselnden SPN.

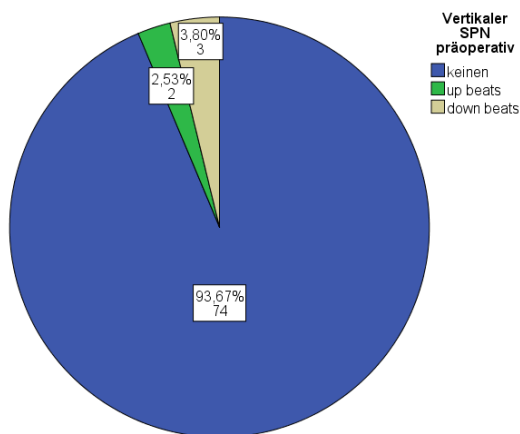


**Abbildung 4.3 Horizontaler Spontannystagmus bei Erstanpassung (n=66)**

Die meisten Patienten hatten keinen horizontalen SPN weder prä- noch postoperativ. Betrachtet man die Patienten die vorher keinen SPN hatten, zeigte sich, dass sich nur bei einem Patienten ein neuer horizontaler SPN zur nicht implantierten Seite entwickelt hat. (Siehe Anhang Tabelle 4.8)

Die Patienten zeigten sowohl präoperativ als auch postoperativ wenige horizontale SPN, sodass eine statistische Auswertung aufgrund der kleinen Fallzahlen nicht sinnvoll war.

Zur Untersuchung der beiden anderen Bogengänge (anterior und posterior) oder zentraler vestibulärer Störungen wurde das Vorhandensein von vertikalen SPN untersucht. Hier zeigte fast das gesamte Kollektiv (94%) präoperativ keine vertikalen SPN. Insgesamt zeigten nur 2 Patienten (3%) up beats und 3 Patienten (4%) down beats.



**Abbildung 4.4 Vertikaler Spontannystagmus präoperativ (n=79)**

Bei der postoperativen Untersuchung nach 6 Wochen stieg die Anzahl der Patienten mit vertikalem SPN auf 12% an, die eine Hälfte wies up beats und die andere Hälfte down beats auf.

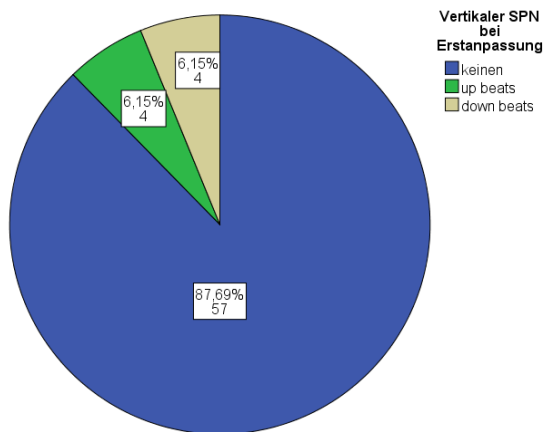


Abbildung 4.5 Vertikaler Spontannystagmus bei Erstanpassung (n=65)

Die Mehrzahl der Patienten zeigte weder präoperativ noch postoperativ einen vertikalen SPN. Betrachtet man die Patienten bei denen eine kontinuierliche Dokumentation vorlag, entwickelten nur 5 Patienten postoperativ einen SPN, hiervon zeigten 3 Patienten up beats und 2 Patienten down beats. (Siehe Anhang Tabelle 4.9)

Auch hier war die statistische Auswertung aufgrund von zu kleinen Fallzahlen nicht sinnvoll.

#### 4.3.1.2 Thermische Prüfung

##### Thermische Prüfung – Absolutwerte der implantierten Seite

Die Funktion des lateralen Bogengangs wurde mittels kalorischer Prüfung nach Hallpike gemessen. Präoperativ wurde die GLP bei 81 Patienten gemessen und postoperativ bei 63 Patienten.

In diesem Kollektiv betrug die präoperativ gemessene GLP durchschnittlich 25,3°/s (Median 18,9°/s, SD 22,6°/s). (Siehe Anhang Tabelle 4.10)

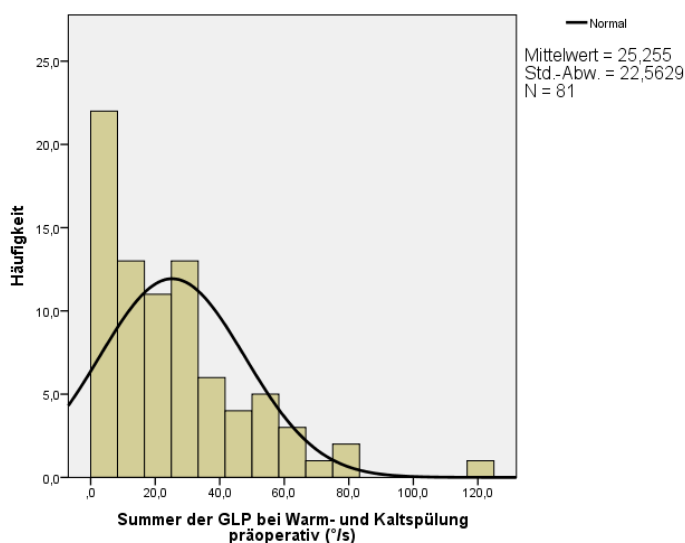
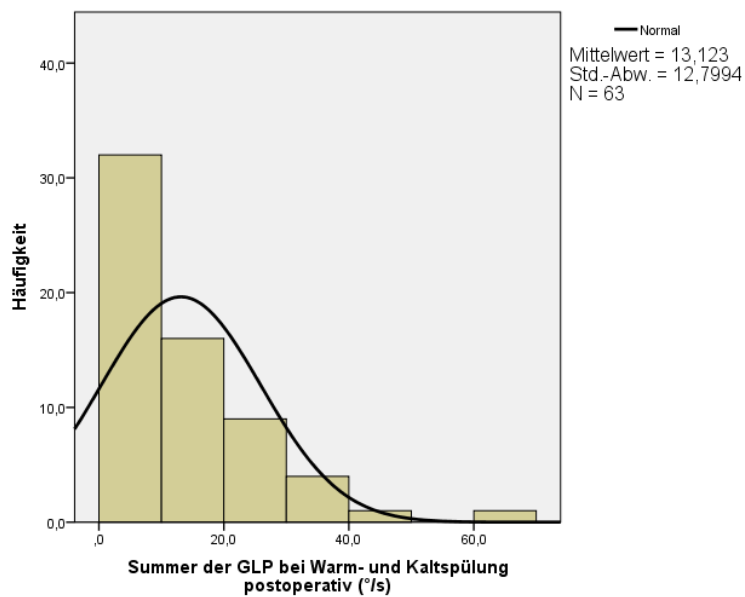


Abbildung 4.6 Verteilung der gemessenen GLP präoperativ (n=81)

Bei der Testung postoperativ zeigte sich eine deutliche Reduktion der durchschnittlichen GLP

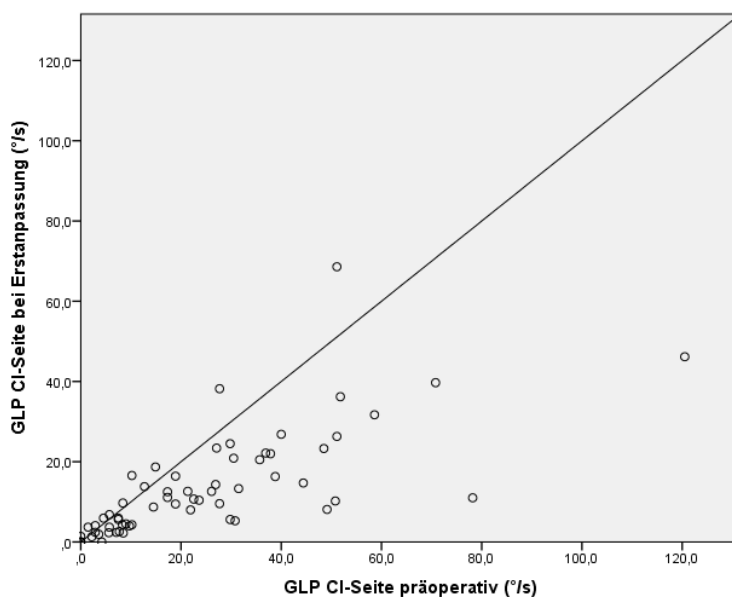
auf 13,1°/s (Median 9,7°/s, SD 12,8°/s). (Siehe Anhang Tabelle 4.11)



**Abbildung 4.7** Verteilung der gemessenen GLP bei Erstanpassung (n=63)

Die Prüfung ergab eine signifikante Verschlechterung der GLP von präoperativ auf postoperativ ( $p < 0,001$ ). Da die Messwerte nicht normalverteilt waren, wurde der Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben verwendet. (Siehe Anhang Tabelle 4.12)

In der folgenden Grafik wurden alle Patienten mit ihrer Bogengangsfunktion als Punkte dargestellt. Bei allen Punkten unterhalb der Diagonalen zeigte sich nach der Cochlea Implantation eine Funktionsverschlechterung.



**Abbildung 4.8** Korrelation der GLP (°/s) prä- und postoperativ (n=62)

### Thermische Prüfung – Quantitative Auswertung der implantierten Seite

Betrachtet man die kalorische Erregbarkeit der implantierten Seite lässt sich folgendes feststellen.

Im Gesamtkollektiv zeigte sich bei etwa der Hälfte (51%) präoperativ ein Normalbefund. Bei 42% bestand bereits eine Untererregbarkeit oder ein Ausfall des lateralen Bogengangs. (Siehe Abbildung 4.9 und im Anhang Tabelle 4.13)

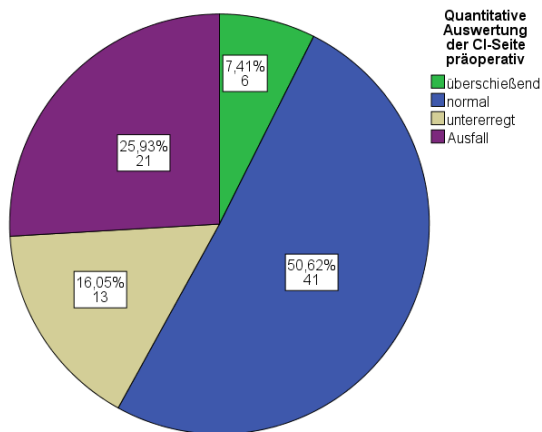


Abbildung 4.9 Quantitative Auswertung der CI-Seite präoperativ (n=81)

Postoperativ hatte nur noch etwa ein Viertel des Gesamtkollektivs (27%) einen Normalbefund. Die übrigen 72% zeigten eine Untererregbarkeit oder ein Ausfall des lateralen Bogengangs. (Siehe Abbildung und im Anhang Tabelle 4.14)

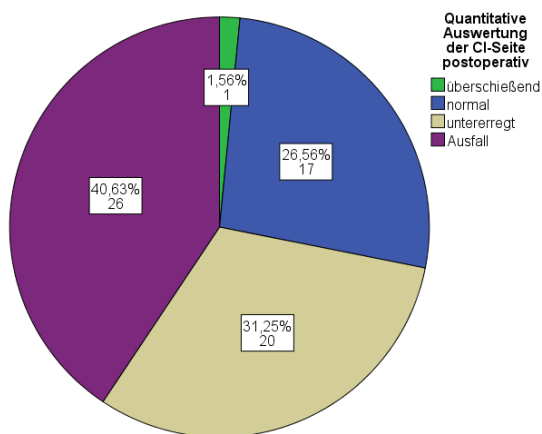


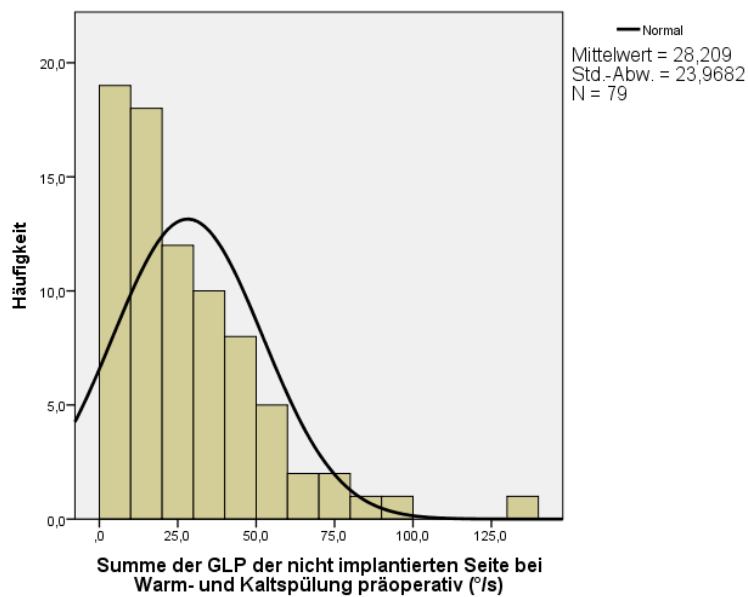
Abbildung 4.10 Quantitative Auswertung der CI-Seite postoperativ (n=64)

Zur statistischen Auswertung wurden die 29 Patienten eingeschlossen, die eine kontinuierliche Dokumentation aufwiesen. Hier hatten 13 Patienten (45%) postoperativ einen untererregbaren Bogengang und 3 Patienten (10%) hatten einen Ausfall. (Siehe Anhang Tabelle 4.15)

### Thermische Prüfung - Absolutwerte der nicht implantierten Seite

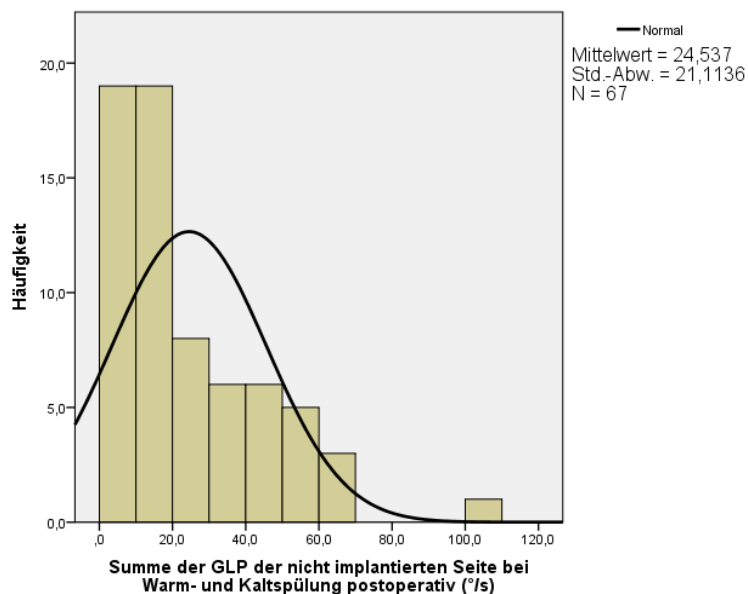
Betrachtet man die Absolutwerte in der thermischen Prüfung nach Hallpike, betrug in diesem Kollektiv die präoperativ gemessene GLP der nicht implantierten Seite durchschnittlich 28,2°/s

(Median 23,5°/s, SD 24,0°/s). (Siehe Anhang Tabelle 4.16)



**Abbildung 4.11** Verteilung der gemessenen GLP der nicht CI-Seite präoperativ (n=79)

Bei der postoperativen Testung der nicht CI-Seite zeigte sich eine Reduktion der durchschnittlichen GLP auf 24,5°/s (Median 17,9°/s, SD 21,1°/s). (Siehe Anhang Tabelle 4.17)



**Abbildung 4.12** Verteilung der gemessenen GLP der nicht CI-Seite bei Erstanpassung (n=67)

Die Prüfung ergab keine signifikante Verschlechterung der GLP der nicht CI-Seite von präoperativ auf postoperativ ( $p=0,247$ ). Da die Messwerte nicht normalverteilt waren wurde der Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben verwendet. (Siehe Anhang Tabelle 4.18)

In der folgenden Grafik wurden alle Patienten mit ihrer Bogengangsfunktion als Punkte dargestellt. Bei allen Punkten unterhalb der Diagonalen zeigte sich nach der Cochlea

Implantation eine Funktionsverschlechterung.

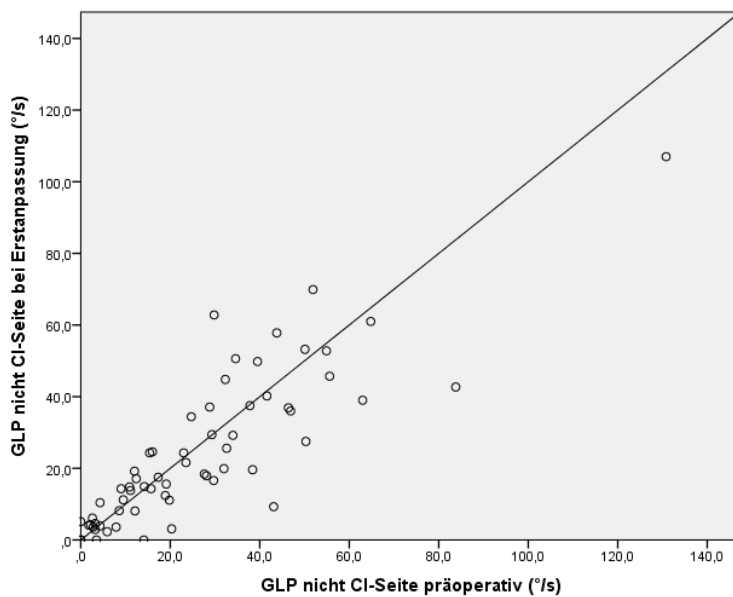


Abbildung 4.13 Korrelation der GLP (°/s) der nicht CI-Seite prä- und postoperativ (n=63)

### Thermische Prüfung - Quantitative Auswertung der nicht implantierten Seite

Betrachtet man die kalorische Erregbarkeit der nicht implantierten Seite lässt sich folgendes feststellen.

Auch hier lag bei etwa der Hälfte (51%) der Patienten präoperativ ein Normalbefund vor. Bei etwa einem Viertel (26%) bestand bereits präoperativ eine Untererregbarkeit oder Ausfall des lateralen Bogengangs. (Siehe Abbildung 4.14 und im Anhang Tabelle 4.19)

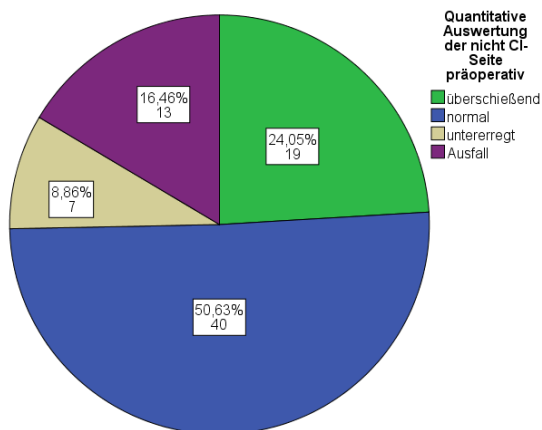


Abbildung 4.14 Quantitative Auswertung der nicht CI-Seite präoperativ (n=79)

Postoperativ konnte immer noch bei etwa der Hälfte des Gesamtkollektivs (48%) ein Normalbefund erhoben werden. Bei etwa einem Drittel (31%) der Patienten lag postoperativ eine Untererregbarkeit oder ein Ausfall des lateralen Bogengangs vor.

Erwartungsgemäß zeigten sich im Gesamtkollektiv keine wesentlichen Veränderungen. (Siehe Abbildung 4.15 und im Anhang Tabelle 4.20)



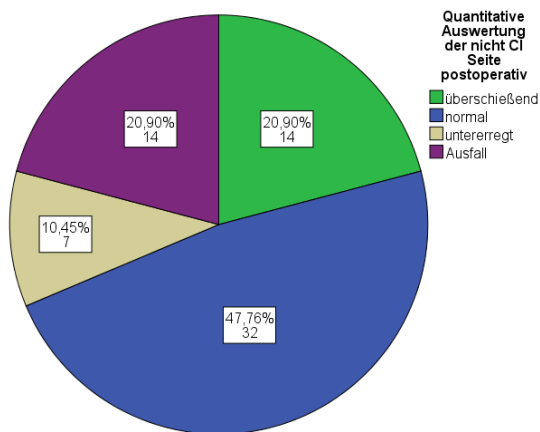


Abbildung 4.15 Quantitative Auswertung der nicht CI-Seite postoperativ (n=67)

### Thermische Prüfung - Seitenvergleich

Zur Beurteilung einer bereits bestehenden vestibulären Seitendifferenz wurde die kalorische Antwort der implantierten Seite mit der nicht implantierten Seite verglichen. Knapp die Hälfte des Gesamtkollektivs (47%) hatte eine seitengleiche und regelrechte Kalorik. 13 Patienten (16%) hatten eine Seitendifferenz zu Ungunsten der nicht implantierten Seite und 21 Patienten (26%) zu Ungunsten der implantierten Seite. 9 Patienten (11%) zeigten bereits präoperativ einen beidseitigen Ausfall. (Siehe Anhang Tabelle 4.21)

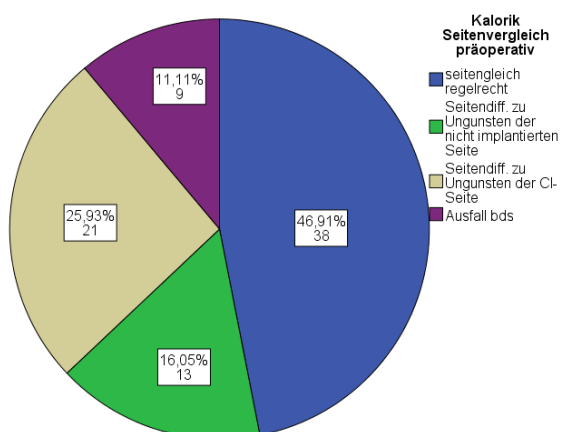
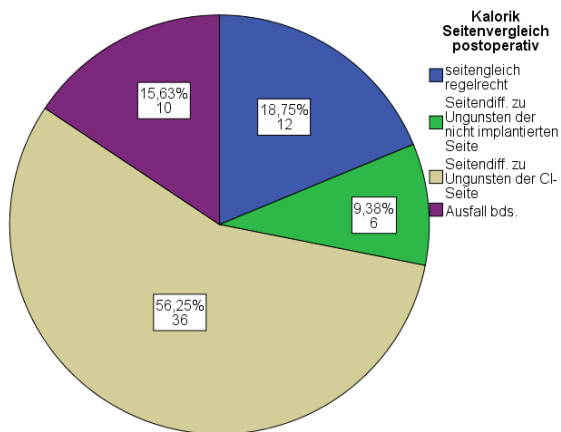


Abbildung 4.16 Kalorik im Seitenvergleich präoperativ (n=81)

Bei der postoperativen Untersuchung hatte nur noch ein Fünftel (19%) der Patienten eine seitengleiche und regelrechte Kalorik. Mehr als die Hälfte des Gesamtkollektivs zeigte eine Seitendifferenz zu Ungunsten der implantierten Seite und nur 6 Patienten (9%) zu Ungunsten der nicht implantierten Seite. 10 Patienten (16%) zeigten bei Erstanpassung einen beidseitigen Ausfall. (Siehe Anhang Tabelle 4.22)



**Abbildung 4.17 Kalorik im Seitenvergleich postoperativ (n=64)**

Betrachtet man nur die Patienten mit einer kontinuierlichen Dokumentation so zeigten 77% der Patienten mit einer präoperativen seitengleichen regelrechten Kalorik postoperativ eine Seitendifferenz zu Ungunsten der implantierten Seite. (Siehe Anhang Tabelle 4.23)

Um statistisch auszuwerten, ob ein signifikanter Unterschied zwischen den Patienten mit und ohne Verschlechterung der implantierten Seite besteht, wurde das Kollektiv in zwei Gruppen unterteilt:

- 1. Gruppe: seitengleich regelrecht und Seitendifferenz zu Ungunsten der nicht implantierten Seite
- 2. Gruppe: Seitendifferenz zu Ungunsten der CI-Seite und Ausfall beidseits

Postoperativ zeigte sich eine deutliche Zunahme der Gruppe 2, dieser Unterschied war signifikant nach dem Chi-Quadrat-Test ( $p=0,004$ ); somit bestätigte sich das Risiko einer Funktionsverschlechterung des lateralen Bogengangs durch die Cochlea Implantation. (Siehe Anhang Tabelle 4.24, 4.25, 4.26 und 4.27)

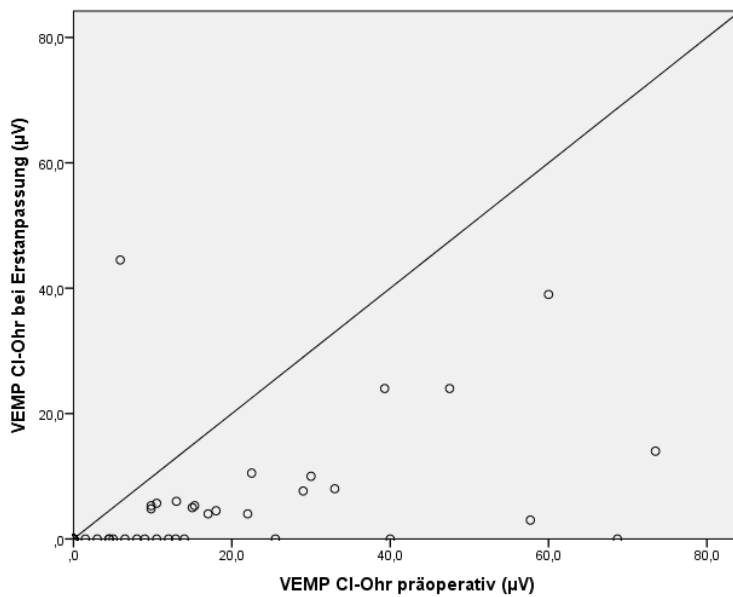
### 4.3.2 Sacculusfunktion

#### Vestibulär Evozierte Myogene Potentiale –Absolutwerte

Um die Funktion des Sacculus zu prüfen wurden die VEMP bei 75 Patienten prä- und postoperativ gemessen. Präoperativ hatten die VEMP im CI-Ohr eine Amplitude von durchschnittlich  $12,0 \mu\text{V}$  (Median  $3,5 \mu\text{V}$ , SD  $18,1 \mu\text{V}$ ). (Siehe Tabelle 4.28)

Bei der postoperativen Testung lag die durchschnittliche Amplitude der VEMP am CI-Ohr mit  $3,6 \mu\text{V}$  deutlich unter dem präoperativen Wert (Median  $0,0 \mu\text{V}$ , SD  $8,4 \mu\text{V}$ ). (Siehe Anhang Tabelle 4.29)

In der nachfolgenden Grafik wurden alle Patienten mit ihrer Sacculusfunktion der implantierten Seite als Punkte dargestellt. Die Punkte unterhalb der Diagonalen zeigen eine Verschlechterung der Sacculusfunktion der operierten Seite.

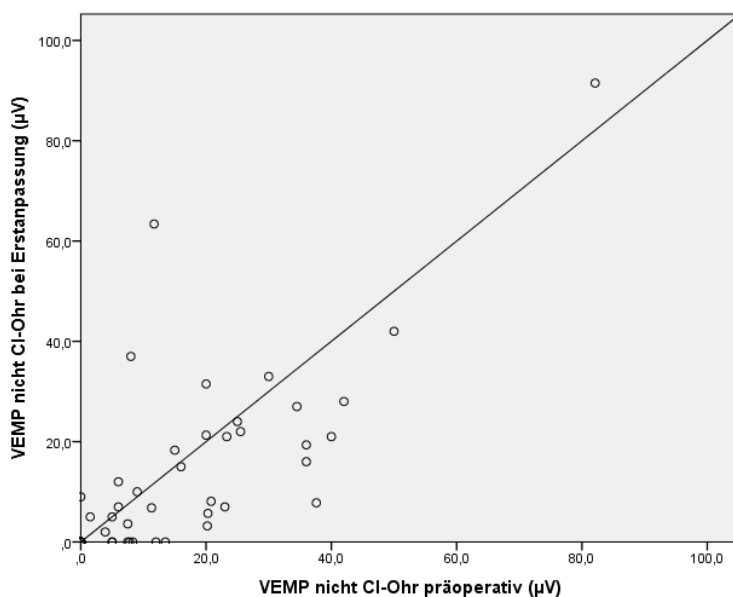


**Abbildung 4.18 Korrelation VEMP CI-Ohr prä- und postoperativ (n=64)**

Die präoperativ gemessene Amplitude der VEMP der nicht implantierten Seite betrug durchschnittlich 11,5  $\mu\text{V}$  (Median 6,0  $\mu\text{V}$ , SD 15,7  $\mu\text{V}$ ). (Siehe Anhang Tabelle 4.29)

Postoperativ lagen die VEMP der nicht implantierten Seite durchschnittlich mit 11,0  $\mu\text{V}$  unter dem präoperativen Durchschnitt (Median 1,0  $\mu\text{V}$ , SD 19,2  $\mu\text{V}$ ). (Siehe Anhang Tabelle 4.29)

In der nachfolgenden Grafik wurden alle Patienten mit ihrer Sacculusfunktion der nicht implantierten Seite als Punkte dargestellt. Die Punkte unterhalb der Diagonalen zeigen eine Verschlechterung der Sacculusfunktion der nicht operierten Seite.



**Abbildung 4.19 Korrelation VEMP nicht CI-Ohr prä- und postoperative (n=64)**

Die Amplituden der VEMP der implantierten Seite und der nicht implantierten Seite waren

nicht normalverteilt ( $p < 0,05$ ) weder präoperativ, noch bei Erstanpassung. (Siehe Anhang Tabelle 4.30 und Tabelle 4.31) Um eine Funktionsverschlechterung abschätzen zu können, wurden Patienten mit präoperativem Ausfall herausgenommen. Die präoperativ gemessenen Amplituden der VEMP am CI-Ohr unterschieden sich nach dem Wilcoxon-Test signifikant ( $p < 0,001$ ) von den bei Erstanpassung gemessenen Amplituden.

Alle Patienten mit fehlenden präoperativen VEMP der nicht implantierten Seite wurden für die folgende Analyse ausgeschlossen. Der Wilcoxon-Test ergab, dass sich die präoperativ gemessenen Amplituden der VEMP der nicht implantierten Seite ebenfalls von den bei Erstanpassung gemessenen Amplituden der nicht implantierten Seite signifikant ( $p=0,01$ ) unterschieden. Aus den Tabellen 4.27, 4.28 und 4.29 im Anhang ist ersichtlich, dass der Abfall des implantierten Ohrs stärker ist als der des nicht operierten Ohrs.

### **Vestibulär Evozierte Myogene Potentiale – Qualitative Auswertung**

Betrachtet man die 34 Patienten, die präoperativ einen funktionierenden Sacculus auf der implantierten Seite aufwiesen, dann hatten von diesen 15 Patienten (44%) postoperativ keine nachweisbaren VEMP auf der CI-Seite. Diese postoperativen Ausfälle der VEMP sind nach dem Chi-Quadrat-Test signifikant ( $p < 0,05$ ). (Siehe Anhang Tabelle 4.32 und 4.33)

Betrachtet man nun die nicht implantierte Seite, dann hatten von 37 Patienten, die präoperativ einen funktionierenden Sacculus aufwiesen, 8 Patienten (22%) postoperativ keine nachweisbaren VEMP auf der nicht implantierten Seite. Auch diese postoperativen Ausfälle der VEMP sind nach dem Chi-Quadrat-Test signifikant ( $p < 0,05$ ). (Siehe Anhang Tabelle 4.34 und 4.35)

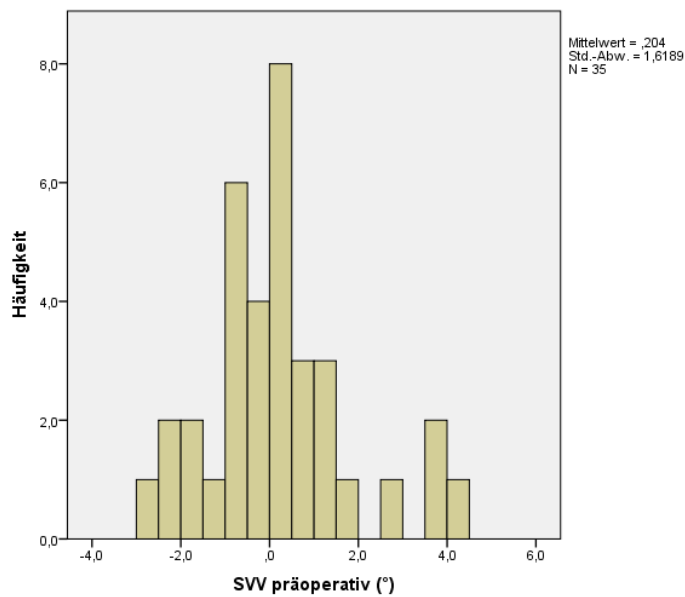
### **4.3.3 Utriculusfunktion**

Die Messungen der SVV wurden ab Juli 2009 begonnen. Bei allen Patienten die vorher implantiert worden sind, fehlen diese Werte.

#### **Subjektiv Visuelle Vertikale - Absolutwerte**

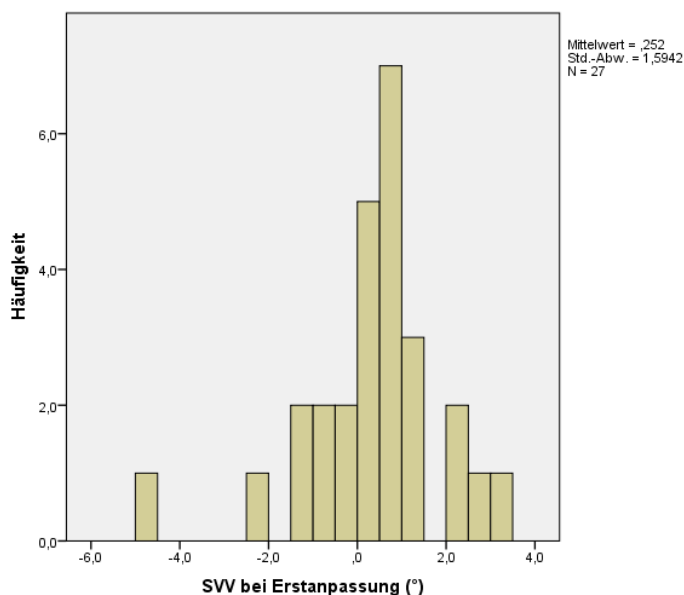
Die Funktion des Utriculus wurde mittels der SVV geprüft. Präoperativ wurden 35 Patienten untersucht und postoperativ lagen Daten von 27 Patienten vor.

In diesem Kollektiv betrug die präoperativ gemessene Abweichungen von der SVV durchschnittlich  $0,20^\circ$  (Median  $0,13^\circ$ , SD  $1,6^\circ$ ). (Siehe Anhang Tabelle 4.36)



**Abbildung 4.20** Abweichung von der SVV (°) präoperativ (n=35)

Bei der postoperativen Testung lag die durchschnittliche Abweichung von der SVV bei  $0,25^\circ$  (Median  $0,5^\circ$ , SD  $1,59^\circ$ ). (Siehe Anhang Tabelle 4.36)



**Abbildung 4.21** Abweichung von der SVV (°) postoperativ (n=27)

### Subjektiv Visuelle Vertikale – Seitenvergleich

Zur Beurteilung einer bestehenden Seitendifferenz des Utriculus wurde die Abweichung von der SVV der implantierten Seite mit der der nicht implantierten Seite verglichen. Hierbei fand sich bei den meisten Patienten (80%) eine seitengleiche und regelrechte SVV. 3 Patienten (9%) hatten eine Seitendifferenz zu Ungunsten der nicht operierten Seite und 4 Patienten (11%) zu Ungunsten der CI-Seite. (Siehe Anhang Tabelle 4.37)

Bei der postoperativen Untersuchung hatten immer noch die meisten Patienten (78%) eine

seitengleiche und regelrechte SVV. 5 Patienten (19%) hatten eine Seitendifferenz zu Ungunsten der nicht operierten Seite und 1 Patienten (4%) hatte eine Seitendifferenz zu Ungunsten der CI-Seite. (Siehe Anhang Tabelle 4.38)

Betrachtet man die 23 Patienten mit einer kontinuierlichen Dokumentation so wechselt nur ein Patient von einem präoperativen Normalbefund zu einer postoperativen Seitendifferenz zur implantierten Seite. (Siehe Anhang Tabelle 4.39)

Um abzuschätzen wie hoch der Anteil der Patienten war, die durch die Cochlea Implantation eine Verschlechterung der Utriculusfunktion erlitten, wurde das Kollektiv in zwei Gruppen unterteilt:

- 1. Gruppe: seitengleich regelrecht und Seitendifferenz zu Ungunsten der nicht implantierten Seite
- 2. Gruppe: Seitendifferenz zu Ungunsten der CI-Seite

Erwartungsgemäß ergab sich nach dem exakten Test nach Fischer ( $p=1,00$ ) keine Veränderung zwischen beiden Gruppen. (Siehe Anhang Tabelle 4.40 und 4.41)

## 4.4 Die Elektrodeninsertionstiefe

Die Auswertung des Röntgen-Stenvers-Bildes zeigte eine durchschnittliche Insertionstiefe der Elektroden von  $529^\circ$  (Median  $557^\circ$ , SD  $146^\circ$ ). Die maximale Insertionstiefe betrug  $790^\circ$  und die minimale Insertionstiefe betrug  $252^\circ$ . (Siehe Anhang Tabelle 4.42)

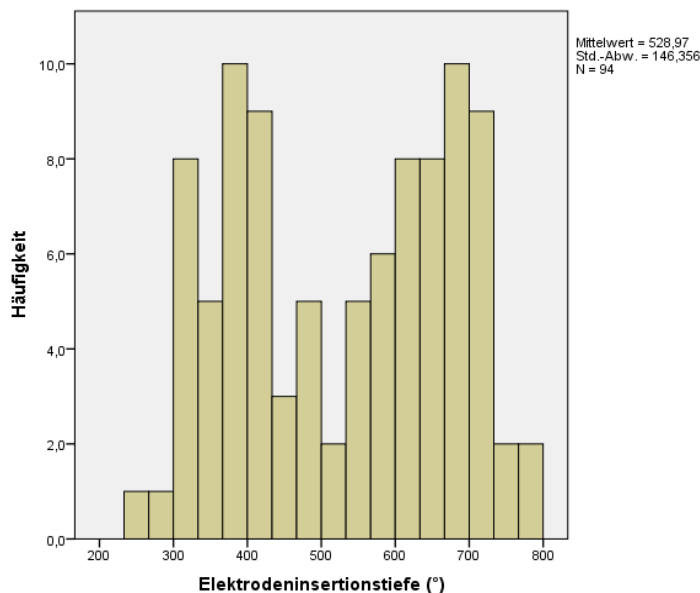


Abbildung 4.22 Verteilung der Elektrodeninsertionstiefe (n=94)

### 4.4.1 Schwindel

Im Folgenden wurde die Insertionstiefe im Zusammenhang mit Schwindel untersucht. Bei der postoperativen Untersuchung nach 6 Wochen betrug die durchschnittliche

Elektrodeninsertionstiefe bei Patienten mit Schwindelgefühl  $445^\circ$  (SD  $137^\circ$ ) und bei Patienten ohne Schwindelgefühl  $476^\circ$  (SD  $142^\circ$ ). (Siehe Anhang Tabelle 4.44)

Die Insertionstiefe unterschied sich bei Patienten mit Schwindel und ohne Schwindel postoperativ nicht signifikant ( $p=0,350$ ). (Siehe Anhang Tabelle 4.43)

Im Folgenden wurden nur die Patienten in Betracht gezogen, die präoperativ keine Schwindelbeschwerden hatten. Es bestand keine signifikante Korrelation zwischen der Insertionstiefe und dem auftretendem Schwindelgefühl bei der Erstanpassung ( $p=0,407$ ). (Siehe Anhang Tabelle 4.45)

Die Elektrodeninsertionstiefe wurde in 2 Gruppen unterteilt:

- 1. Gruppe: Insertionstiefe von  $250-500^\circ$
- 2. Gruppe: Insertionstiefe von  $500-800^\circ$

Die erste Gruppe umfasste 42 Patienten und die zweite Gruppe umfasste 52 Patienten. (Siehe Anhang Tabelle 4.46)

Von den 15 Patienten, die nach 6 Wochen Schwindel aufwiesen, gehörten 10 Patienten (67%) zur 1. Gruppe und 5 Patienten (33%) zur 2. Gruppe. Der Chi-Quadrat-Test konnte keinen signifikanten Unterschied ( $p=0,934$ ) zwischen beiden Gruppen feststellen. (Siehe Anhang Tabelle 4.47 und Tabelle 4.48)

#### **4.4.2 Bogengangsfunktion**

##### **Spontannystagmus**

Die 53 Patienten ohne postoperativen horizontalen SPN wiesen im Durchschnitt eine Insertionstiefe von  $504^\circ$  auf. Bei den 9 Patienten mit postoperativem horizontalem SPN betrug die durchschnittliche Insertionstiefe  $568^\circ$ . (Siehe Anhang Tabelle 4.49)

Die Insertionstiefe hatte keinen signifikanten Einfluss (Mann-Whitney-U-Test  $p=0,156$ ) auf das Auftreten von horizontalen SPN bei Erstanpassung.

Die 53 Patienten ohne postoperativen vertikalen SPN wiesen im Durchschnitt eine Insertionstiefe von  $507^\circ$  auf. Bei den 8 Patienten mit postoperativen vertikalen SPN betrug die durchschnittliche Insertionstiefe  $537^\circ$ . (Siehe Anhang Tabelle 4.50)

Die Insertionstiefe hatte jedoch keinen signifikanten Einfluss (Mann-Whitney-U-Test  $p=0,708$ ) auf das Auftreten von vertikalen SPN bei Erstanpassung.

##### **Bogengangsfunktion unter thermischer Prüfung bei Erstanpassung**

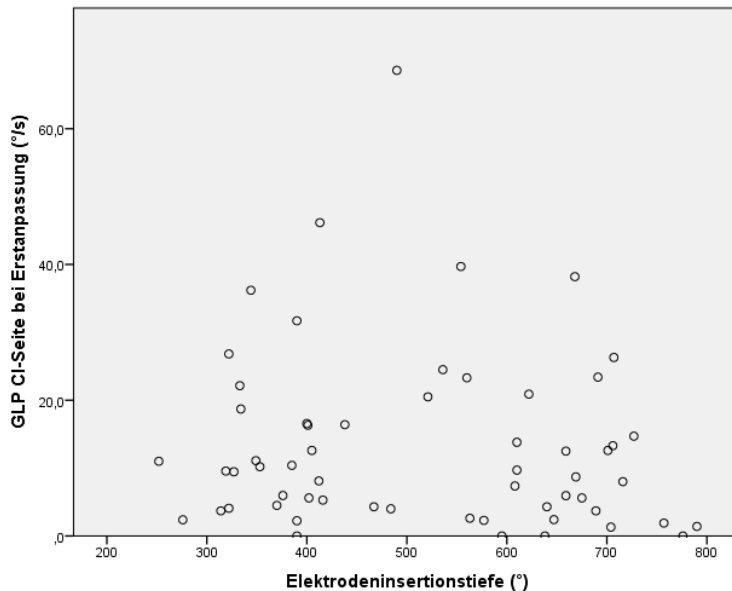
Betrachtet man nur die Patienten die präoperativ noch eine regelrechte Bogengangsfunktion ( $GLP > 5^\circ/s$ ) aufwiesen, ließen sich folgende Datenerheben.

Die Patienten wurden zur besseren Vergleichbarkeit in 2 Gruppen unterteilt:

- 1. Gruppe: seitengleich regelrecht und Seitendifferenz zu Ungunsten der nicht implantierten Seite
- 2. Gruppe: Seitendifferenz zu Ungunsten der CI-Seite und Ausfall beidseits (Siehe Anhang Tabelle 4.25)

Bei den Patienten aus der Gruppe 1 war die Elektrode im Durchschnitt etwas weniger tief inseriert als in Gruppe 2. Dieser Unterschied war aber nach dem Mann-Whitney-U-Test nicht signifikant ( $p=0,340$ ). (Siehe Anhang Tabelle 4.51)

Bei Erstanpassung zeigte sich keine signifikante Korrelation ( $p=0,920$ ) zwischen der Insertionstiefe und der GLP in der Kalorik. (Siehe Anhang Tabelle 4.52)



**Abbildung 4.23** Korrelation zwischen der Elektrodeninsertionstiefe und der gemessenen GLP der CI-Seite postoperativ (n=47)

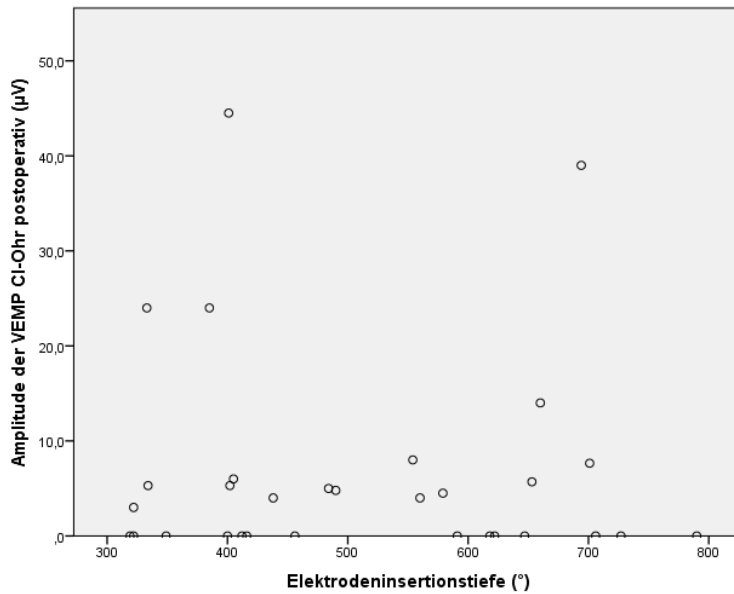
#### 4.4.3 Sacculusfunktion

Auch für die Sacculusfunktion wurden alle Patienten mit einem präoperativen Ausfall des Sacculus der implantierten Seite zur statistischen Auswertung ausgeschlossen.

Beim Nachweis von VEMP der implantierten Seite bei der Erstanpassung betrug die durchschnittliche Insertionstiefe der Elektrode  $493^\circ$  und bei nicht Vorhandensein von VEMP der implantierten Seite betrug die Insertionstiefe im Durchschnitt  $526^\circ$ . Die Patienten mit und ohne Nachweis von VEMP am CI-Ohr bei Erstanpassung unterschieden sich nicht signifikant (Mann-Whitney-U-Test  $p=0,597$ ) in der Insertionstiefe der Elektrode. (Siehe Anhang Tabelle 4.53)

Bei der Erstanpassung bestand keine signifikante Korrelation ( $p=0,773$ ) zwischen der Insertionstiefe und der Amplitude der VEMP am CI-Ohr. (Siehe Anhang Tabelle 4.54)





**Abbildung 4.24** Korrelation der Elektrodeninsertionstiefe und der Amplitude der VEMP am CI-Ohr postoperativ (n=31)

#### 4.4.4 Utriculusfunktion

Auch bei der Utriculusfunktion wurden alle Patienten mit einem präoperativen pathologischen SVV-Test zur statistischen Auswertung ausgeschlossen.

Bei Erstanpassung hatten 16 Patienten ein normales Ergebnis der SVV und 6 Patienten hatten einen pathologischen Wert. Die Elektrodeninsertionstiefe betrug bei normaler SVV durchschnittlich 445°. Bei einer pathologischen SVV betrug die Insertionstiefe durchschnittlich 490°. Die leicht erhöhte Elektrodeninsertionstiefe bei einem pathologischen SVV-Test ist nach dem Mann-Whitney-U-Test nicht signifikant ( $p=0,718$ ).

Es bestand keine signifikante Korrelation ( $p=0,092$ ) nach Pearson zwischen dem Wert der SVV und der Insertionstiefe. (Siehe Anhang Tabelle 4.56)

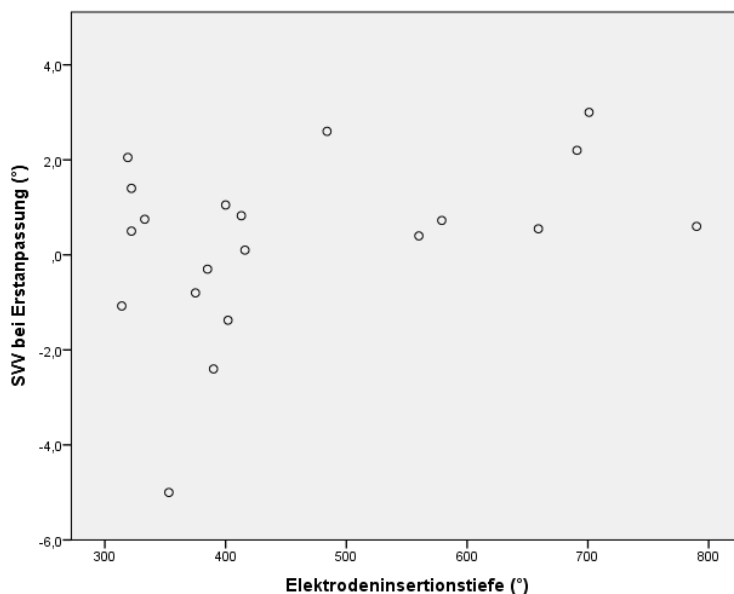


Abbildung 4.25 Korrelation zwischen der Elektrodeninsertionstiefe und der SVV bei Erstanpassung (n=20)

## 4.5 Elektrodendesign

Von der Firma Cochlear erhielten 52 Patienten (57%) das Elektrodendesign CI24RECA, 4 Patienten (4%) eine CI 422 Elektrode und 2 Patienten (2%) eine CI24REST-Elektrode. Von der Firma MED-EL erhielten 17 Patienten (19%) eine Elektrode vom Typ Standard, 12 Patienten (13 %) eine Flex28-Elektrode, 4 Patienten (4%) eine Flexsoft-Elektrode, und nur ein Patient (1%) eine Compressed-Elektrode. (Siehe Anhang Tabelle 4.57)

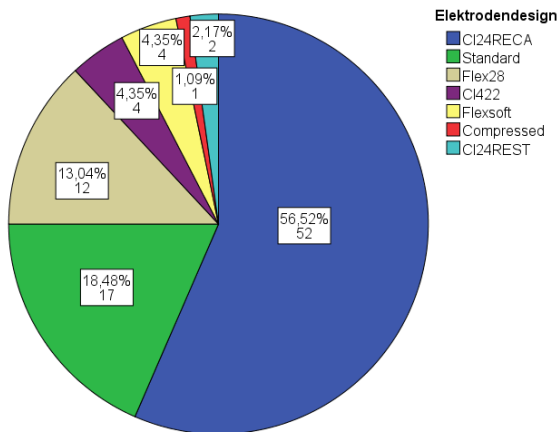
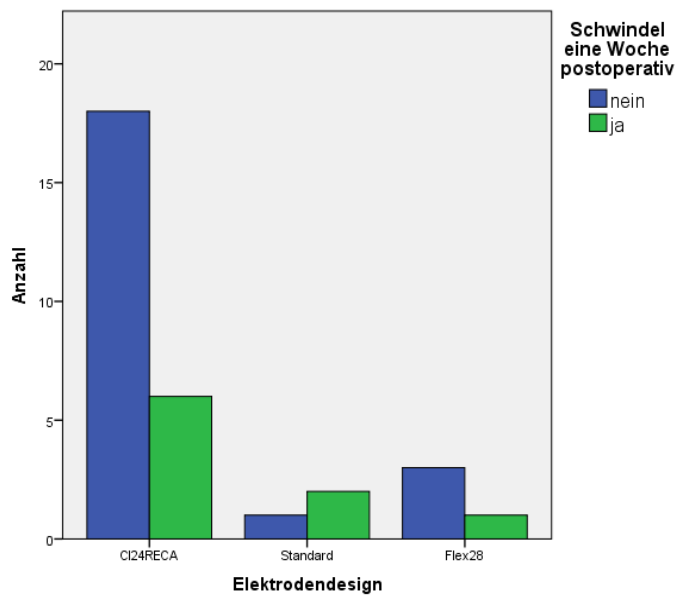


Abbildung 4.26 Verteilung der implantierten Elektrodendesigns (n= 92)

### 4.5.1 Schwindel

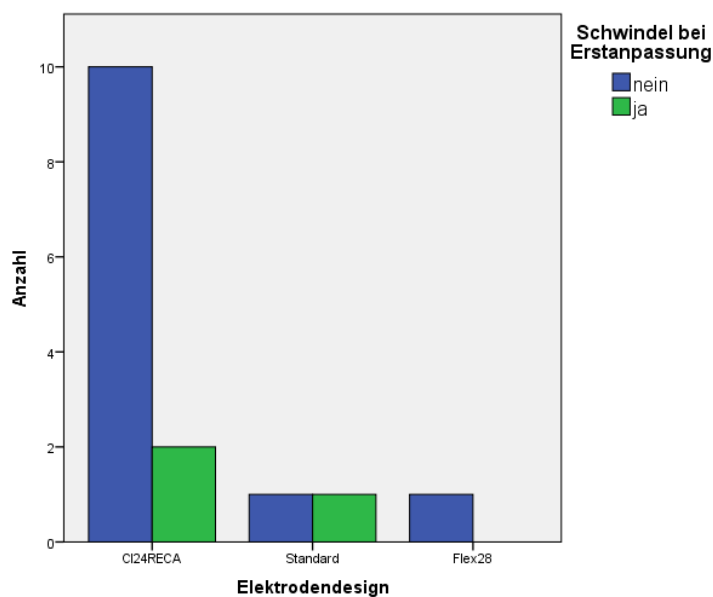
Alle Patienten mit präoperativem Schwindel wurden aus den folgenden zwei Analysen ausgeschlossen.

Es entwickelten 6 von 19 Patienten mit einer CI24RECA-Elektrode eine Woche nach der Operation Schwindel. Von 3 Patienten mit der Standard-Elektrode haben 2 Schwindelbeschwerden entwickelt und von 4 Patienten mit einer Flex 28 hatte nur ein Patient eine Woche postoperativ Schwindel. (Siehe Anhang Tabelle 4.58)



**Abbildung 4.27 Auftreten von Schwindel eine Woche postoperativ in Abhängigkeit vom Elektrodenesign (n=31)**

Bei Erstanpassung hatten noch 2 von 10 Patienten mit einer CI24RECA-Elektrode Schwindelsymptome. Von 2 Patienten mit einer Standard-Elektrode hatte ein Patient Schwindel. (Siehe Anhang Tabelle 4.59)



**Abbildung 4.28 Auftreten von postoperativem Schwindel in Abhängigkeit vom Elektrodenesign (n=15)**

## 4.5.2 Bogengangsfunktion

Patienten mit einem präoperativen Ausfall der Bogengangsfunktion ( $GLP < 5^\circ/s$ ) wurden aus der nachfolgenden Analyse ausgeschlossen.

Insgesamt hatten 26 von 45 analysierten Patienten postoperativ eine Seitendifferenz zu Ungunsten der CI-Seite. Von 35 Patienten mit einer CI24RECA-Elektrode hatten 18 Patienten

eine Seitendifferenz zu Ungunsten der CI-Seite und 4 Patienten hatten einen beidseitigen Ausfall. Eine Verschlechterung der CI-Seite wiesen somit 22 Patienten (63%) mit CI24RECA-Elektrode auf.

Aus der nachfolgenden Grafik kann man entnehmen, dass Patienten mit dem Elektrodendesign Standard, Flex 28, CI422 und Flexsoft eine Seitendifferenz zur CI-Seite postoperativ aufwiesen. Die kleinen Patientengruppen erschwerten jedoch eine Interpretation dieser Daten. (Siehe Anhang Tabelle 4.60)

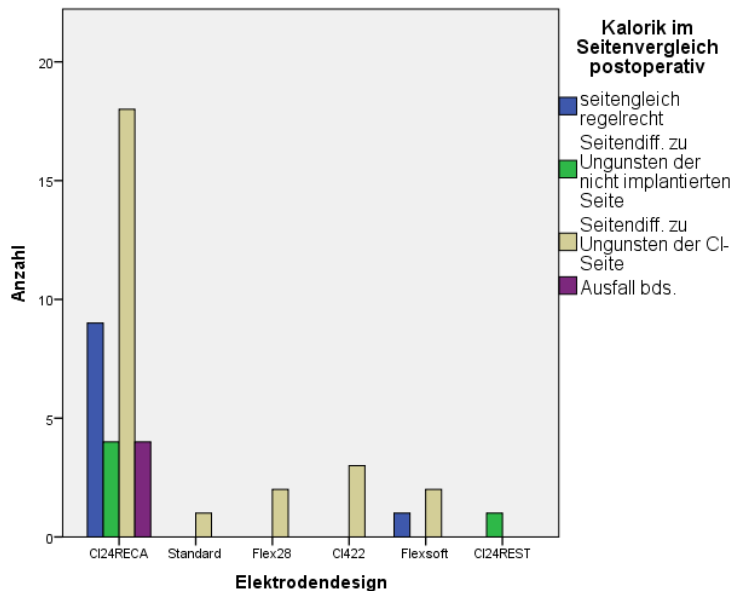


Abbildung 4.29 Kalorik im Seitenvergleich postoperativ in Abhängigkeit vom Elektrodendesign (n=45)

### 4.5.3 Sacculusfunktion

Für die nachfolgenden Analysen wurden Patienten mit einem präoperativen Ausfall des Sacculus der implantierten Seite ausgeschlossen.

Bei fast der Hälfte der Patienten mit einer CI24RECA-Elektrode konnten keine VEMP auf der implantierten Seite postoperativ nachgewiesen werden. 2 von 3 Patienten mit einer Standard-Elektrode und 3 von 4 Patienten mit einer Flex28-Elektrode hatten keine nachweisbaren VEMP postoperativ am implantierten Ohr. (Siehe Anhang Tabelle 4.61)

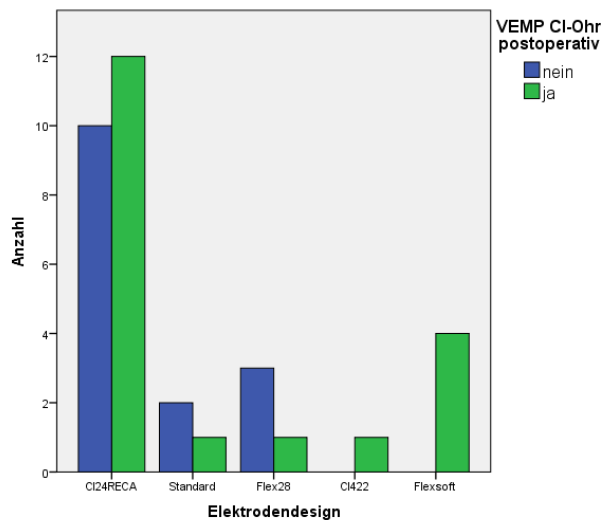


Abbildung 4.30 Vorhandensein von postoperativen VEMP in Abhängigkeit vom Elektrodesign (n=34)

#### 4.5.4 Utriculusfunktion

Die Patienten mit einer präoperativ pathologischen Abweichung von der SVV wurden aus den folgenden Analysen ausgeschlossen.

Insgesamt hatten 4 Patienten postoperativ eine Seitendifferenz zu Ungunsten der nicht implantierten Seite. Hiervon hatten 3 Patienten eine CI24RECA-Elektrode und ein Patient trug eine CI422-Elektrode. (Siehe Anhang Tabelle 4.62)

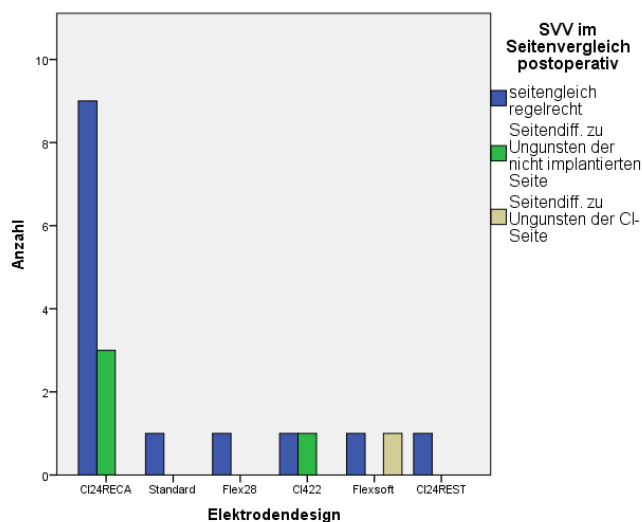


Abbildung 4.31 SVV im Seitenvergleich postoperativ in Abhängigkeit vom Elektrodesign (n=19)

#### 4.5.5 Variabilität der Insertionstiefe zum Elektrodesign

##### Elektrodesign

Die Elektroden wurden unterschiedlich tief inseriert. Auch bei Elektroden von demselben Design waren die Insertionstiefen unterschiedlich. Die Elektrode vom Typ CI24RECA von Cochlear wurde zum Beispiel im Durchschnitt 480° tief inseriert (Median 412°, SD 147°). Die maximale Tiefe lag bei 757° und die minimalste Tiefe lag bei 252°.

Bei den anderen Elektroden unterlag die Insertionstiefe auch großen Schwankungen. (Siehe Anhang Tabelle 4.63)

### **Operateure**

Die verschiedenen Operateure haben die Elektrode vom Typ CI24RECA unterschiedlich tief inseriert. Operateur 2 hat im Durchschnitt dieses Elektrodendesign 342° tief inseriert, wobei Operateur 6 einen Durchschnitt von 669° erreicht. Die größte Spannweite der Insertionstiefe wies der Operateur 3 auf mit einer maximalen Tiefe von 751° und einem Minimum von 252°. (Siehe Anhang Tabelle 4.64)

Die Standard-Elektrode wurde von 3 verschiedenen Operateuren implantiert. Die durchschnittliche Insertionstiefe von um die 650° variierte nur gering zwischen den Operateuren. Nur der Operateur 4 hatte eine weitere Spannweite von 375° bis 790°. (Siehe Anhang Tabelle 4.65)

Insgesamt zwei Operateure haben die Elektrode vom Typ Flex 28 implantiert. Der Operateur 1 hatte eine durchschnittliche Insertionstiefe von 458° und der Operateur 4 implantierte diese Elektrode im Durchschnitt 550° tief. (Siehe Anhang Tabelle 4.66)

Die CI422-Elektrode wurde von 4 Operateuren implantiert, wobei Operateur 1 und 4 jeweils nur eine einzige implantiert haben. Die durchschnittliche Insertionstiefe variiert nur sehr gering bei diesem Elektrodentyp bei einem Minimum von 413° und einem Maximum von 484°. (Siehe Anhang Tabelle 4.67)

Die Flexsoft-Elektrode wurde nur von zwei Operateuren implantiert. Operateur 1 implantierte die Elektrode 560° tief und Operateur 4 hatte im Durchschnitt eine Tiefe von 677°. (Siehe Anhang Tabelle 4.68)

Die Elektrode vom Typ CI24REST wurde nur zweimal von unterschiedlichen Operateuren implantiert. Der Mittelwert betrug 321° bei einer SD von 9°. Operateur 2 hatte diese Elektrode 327° tief inseriert und Operateur 3 hatte eine Insertionstiefe von 314° tief.

## **4.6 Risikofaktoren für die Entstehung von Schwindel**

Folgende Aussagen beziehen sich nur auf die Patienten die präoperativ keine Schwindelbeschwerden aufwiesen.

### **4.6.1 Alter**

Die 12 Patienten, die eine Woche postoperativ Schwindel entwickelten waren im Durchschnitt 66 Jahre alt und die 24 Patienten ohne Schwindel waren durchschnittlich 48 Jahre alt. (Siehe Anhang Tabelle 4.69)

Es bestand ein signifikanter Unterschied ( $p=0,015$ ) der Altersverteilung zwischen den Patienten mit Gleichgewichtsstörungen und denen ohne Schwindel eine Woche postoperativ nach dem

Mann-Whitney-U-Test.

Das höhere Alter stellte ein Risikofaktor für die Entstehung von Schwindel eine Woche nach der Operation dar.

Bei Erstanpassung waren die 3 Patienten mit Schwindel im Durchschnitt 66 Jahre alt und die 14 Patienten ohne Schwindel waren durchschnittlich 51 Jahre alt. (Siehe Anhang Tabelle 4.70) Der Mann-Whitney-U-Test konnte bei Erstanpassung keinen signifikanten Unterschied ( $p=0,244$ ) zwischen der Altersverteilung der Patienten mit und ohne Schwindel feststellen.

#### 4.6.2 Geschlecht

In diesem Patientengut entwickelten 13 Patienten eine Woche postoperativ Schwindel. Davon waren 4 Frauen und 9 Männer. 46 Patienten hatten eine Woche nach der Operation keinen Schwindel hiervon waren 21 Frauen und 25 Männer. (Siehe Anhang Tabelle 4.71)

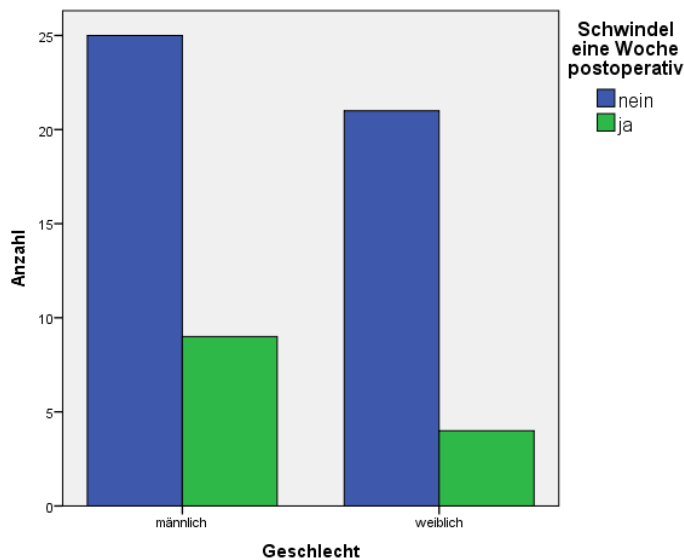
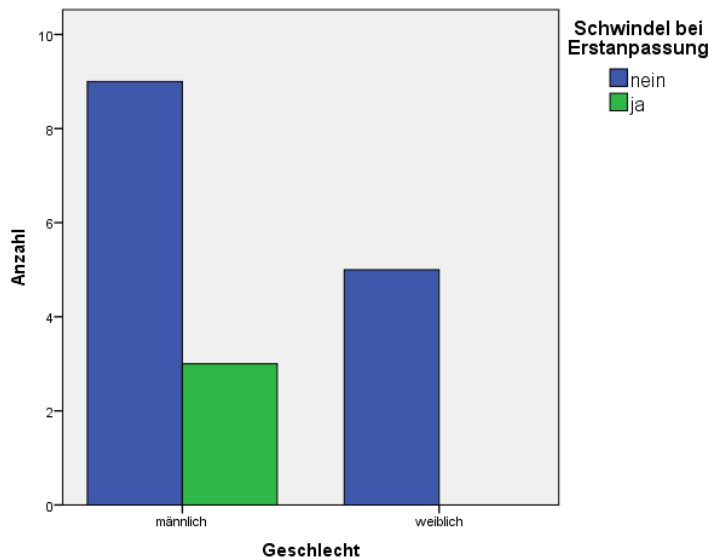


Abbildung 4.32 Vorkommen von Schwindel eine Woche postoperativ unter den Geschlechtern (n=59)

Es konnte keinen signifikanten Unterschied ( $p=0,338$ ) zwischen den Geschlechtern eine Woche postoperativ festgestellt werden. (Siehe Anhang Tabelle 4.72)

Bei Erstanpassung hatten von 12 Männern 3 Schwindel und keine der 5 Frauen hatte Schwindelbeschwerden. (Siehe Anhang Tabelle 4.73)



**Abbildung 4.33** Vorkommen von Schwindel bei Erstanpassung postoperativ unter den Geschlechtern (n=17)

Der exakte Test nach Fisher konnte keinen signifikanten Unterschied ( $p=0,515$ ) zwischen den Geschlechtern aufzeigen in Bezug auf Schwindel 6 Wochen nach der Operation.

#### **4.6.3 Präoperativer Schwindel**

In unserer Studie litten 39 Patienten bereits präoperativ unter Schwindel. Eine Woche nach der Implantation litten 33 Patienten unter Schwindelbeschwerden, hiervon hatten bereits 21 Patienten 64% präoperativ Schwindelbeschwerden. (Siehe Tabelle 4.74)

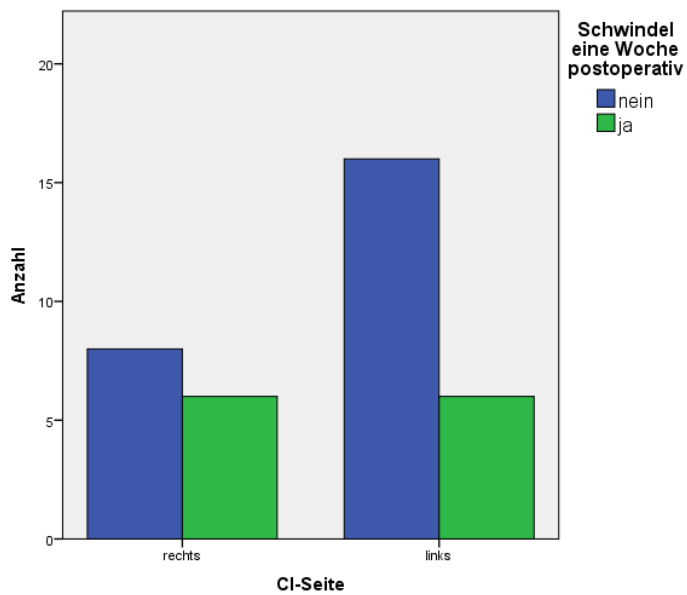
Präoperativer Schwindel scheint in unserer Studie jedoch kein Risikofaktor ( $p=0,74$ ) für das Auftreten von Schwindel eine Woche postoperativ darzustellen.

#### **4.6.4 Implantat-Seite**

Bei 54 Patienten (54%) wurde das Cochlea Implantat rechts und bei 47 (46%) wurde das Cochlea Implantat links implantiert. (Siehe Anhang Tabelle 4.75) Die Auswahl der Implantat-Seite war unabhängig von den Schwindelbeschwerden und den vestibulären Untersuchungsbefunden.

Von den 12 Patienten mit Schwindel eine Woche postoperativ hatten 6 Patienten ein Cochlea Implantat links und 6 ein Cochlea Implantat rechts. (Siehe Anhang Tabelle 4.76)

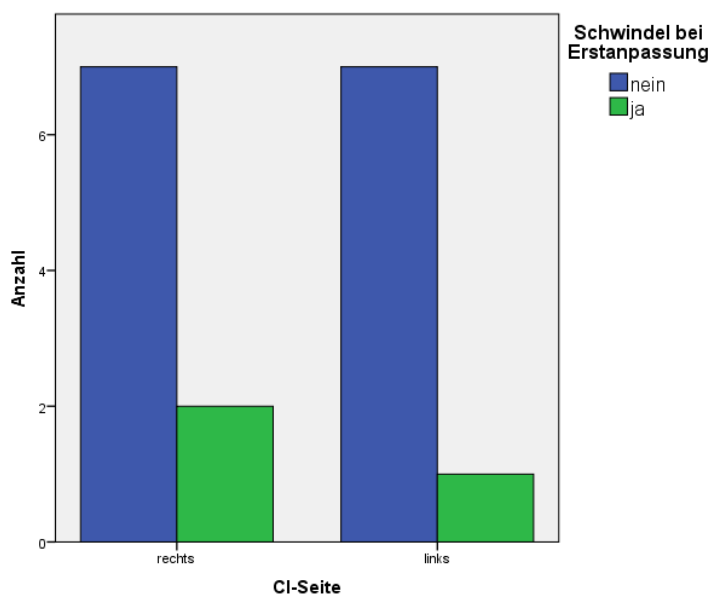




**Abbildung 4.34** Vorkommen von Schwindel eine Woche postoperativ je nach Implantat-Seite (n=36)

Der exakte Test nach Fisher konnte eine Woche postoperativ keinen signifikanten Unterschied ( $p=0,471$ ) zwischen den Implantat-Seiten feststellen.

Von 3 Patienten die Schwindel 6 Wochen nach der Operation hatten, hatte ein Patient das Implantat links und 2 Patienten hatten es rechts. (Siehe Anhang Tabelle 4.77)



**Abbildung 4.35** Vorkommen von Schwindel bei Erstanpassung je nach Implantat-Seite (n=17)

Der exakte Test nach Fisher konnte bei Erstanpassung keinen signifikanten Unterschied ( $p=1,000$ ) zwischen den Implantat-Seiten feststellen.

#### 4.6.5 Implantat-Firmen

58 Patienten tragen Elektroden von Cochlear und 42 Patienten haben ein Implantat von MED-EL. (Siehe Anhang Tabelle 4.78)

Von den 12 Patienten mit Schwindel eine Woche postoperativ, hatten 6 ein Implantat von Cochlear und 6 hatten ein Implantat von MED-EL. (Siehe Anhang Tabelle 4.79)

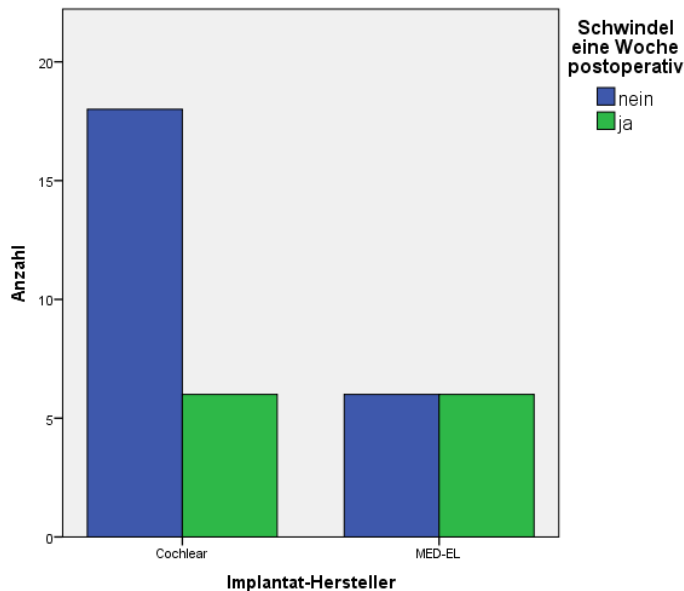
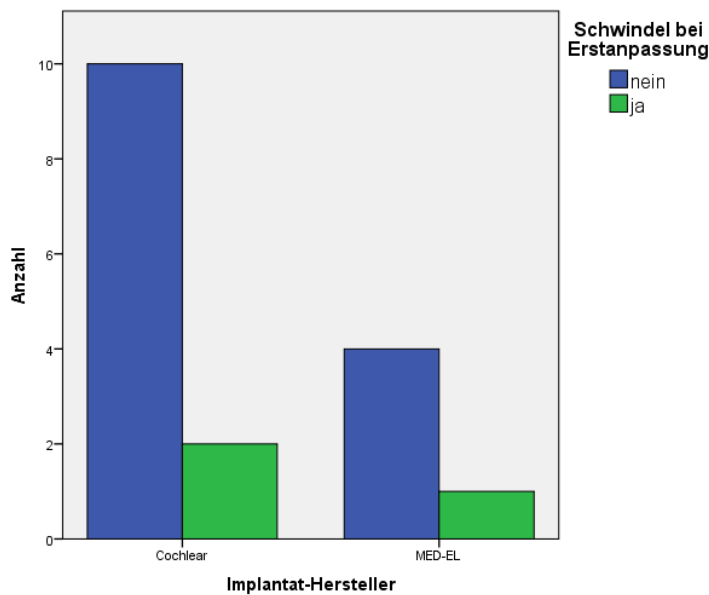


Abbildung 4.36 Vorkommen von Schwindel eine Woche postoperativ je nach Implantat-Hersteller (n=36)

Der exakte Test nach Fisher konnte keinen signifikanten Unterschied ( $p=0,157$ ) eine Woche nach der Operation zwischen den Implantat-Herstellern und der Schwindelsymptomatik eine Woche postoperativ feststellen.

Von den 3 Patienten mit Schwindel bei Erstanpassung hatten 2 ein Implantat von Cochlear und ein Patient hatte ein Implantat von MED-EL. (Siehe Anhang Tabelle 4.80)



**Abbildung 4.37** Vorkommen von Schwindel bei Erstanpassung je nach Implantat-Hersteller (n=17)

Der exakte Test nach Fisher konnte keinen signifikanten Unterschied ( $p=1,000$ ) zwischen den Implantat-Herstellern aufzeigen.

### **Elektrodendesign**

Das Elektrodendesign scheint keinen Einfluss auf das Auftreten von Schwindel zu haben weder eine Woche noch 6 Wochen nach der Operation. (Siehe Kapitel 4.5.1)

### **Elektrodeninsertionstiefe**

Die Elektrodeninsertionstiefe scheint keinen Einfluss auf das Auftreten von Schwindel postoperativ zu haben. (Siehe Kapitel 4.4.1)

## **4.6.6 Operateure**

Operateur 6 hat nur 2 Patienten implantiert, welche beide nach der Operation schwindelfrei waren. Bei Operateur 5 hingegen klagten bei 8 implantierten Patienten 67% eine Woche postoperativ über Schwindel. Deskriptiv bestehen Unterschiede zwischen den einzelnen Operateuren, diese sind jedoch schwierig zu interpretieren, da nur kleine und stark variierende Fallzahlen vorliegen. (Siehe Anhang Tabelle 4.81)

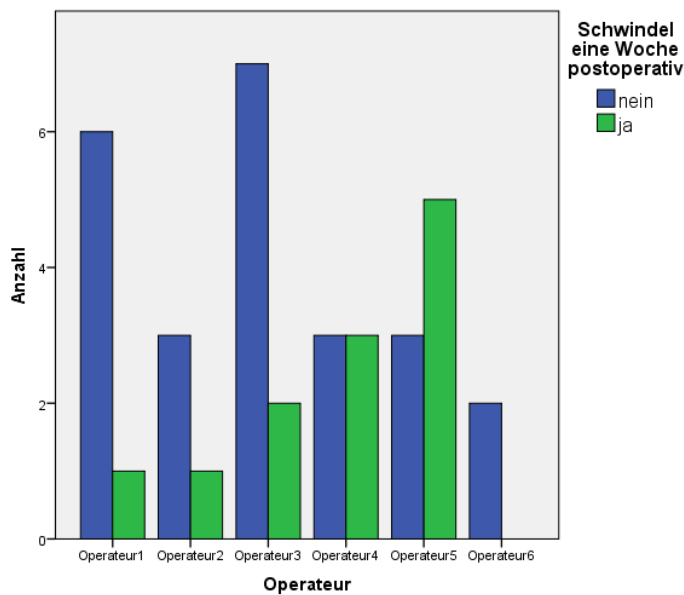


Abbildung 4.38 Vorkommen von Schwindel eine Woche postoperativ je nach Operateur (n=36)

Bei der Erstanpassung hatten noch 29% der Patienten von Operateur 1 Schwindel. Die Daten von Operateur 5 lagen bei Erstanpassung nicht vor. Auch bei der Erstanpassung lagen deskriptiv Unterschiede zwischen den einzelnen Operateuren vor. Es war jedoch wegen der sehr kleinen Fallzahlen nicht möglich die Datenlage auszuwerten. (Siehe Anhang Tabelle 4.82)

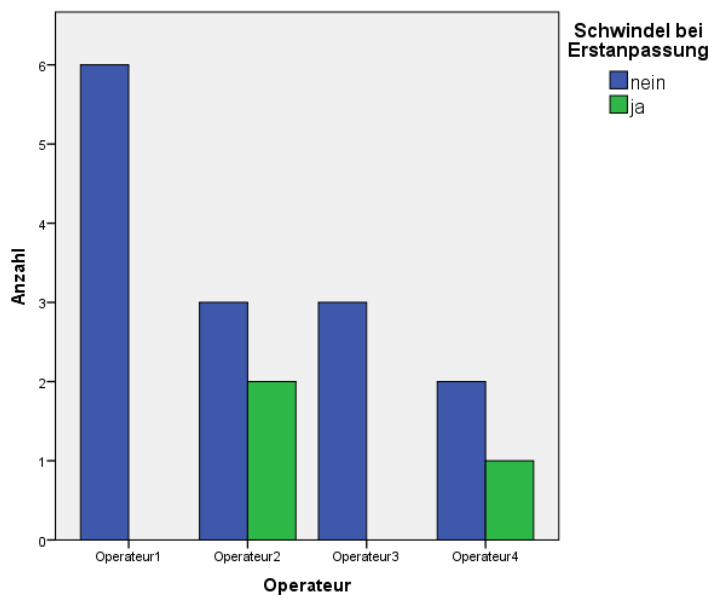


Abbildung 4.39 Vorkommen von Schwindel bei Erstanpassung je nach Operateur (n=17)

#### 4.6.7 Bogengangsfunktion

Die nachfolgenden Analysen untersuchen, ob sich die Verteilung der präoperativen Messwerte der GLP über die Kategorie der Patienten mit oder ohne Schwindel unterscheiden.

Die Patienten mit präoperativem Schwindel hatten präoperativ eine durchschnittliche GLP von 25,3%. Die Patienten ohne präoperativen Schwindel hatten eine durchschnittliche GLP von

22,6°/s. Dieser Unterschied ist nach dem Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Stichproben nicht signifikant ( $p=0,825$ ).

Die Patienten mit Schwindel eine Woche nach der Implantation hatten präoperativ eine durchschnittliche GLP von 18,1°/s. Die Patienten ohne Schwindel eine Woche nach der Implantation hatten eine durchschnittliche GLP von 28,1°/s. Dieser Unterschied ist statistisch signifikant ( $p=0,046$ ).

Die Patienten mit Schwindel bei EA hatten präoperativ eine durchschnittliche GLP von 18,0°/s. Die Patienten ohne Schwindel bei EA hatten eine durchschnittliche GLP von 30,4°/s. Dieser Unterschied ist nach dem Mann-Whitney-U-Test nicht signifikant ( $p=0,056$ ).

Alle Patienten mit einem präoperativen Ausfall des Bogengangs ( $GLP < 5^\circ/s$ ) wurden aus der Untersuchung ausgeschlossen.

Die Verteilung der postoperativ gemessenen GLP unterschied sich signifikant ( $p=0,021$ ) zwischen den Kategorien der Patienten mit Schwindel bei EA und denen ohne Beschwerden.

#### **4.6.8 Sacculusfunktion**

Die nachfolgende Analyse untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen den gemessenen VEMP und dem Auftreten von Schwindel besteht. Alle Patienten mit präoperativem Ausfall des Sacculus am jeweiligen Ohr wurden aus der Untersuchung ausgeschlossen.

Der Mann-Whitney-U-Test ergab keine signifikanten Unterschiede ( $p=0,495$  beim CI-Ohr und  $p=0,891$  beim nicht CI-Ohr) der präoperativen Amplituden der VEMP in Bezug auf präoperativ subjektiv empfundenen Schwindel.

Der Mann-Whitney-U-Test ergab auch keine signifikanten Unterschiede ( $p=0,405$  beim CI-Ohr und  $p=0,813$  beim nicht CI-Ohr) der präoperativen Amplituden der VEMP in Bezug auf subjektiv empfundenen Schwindel eine Woche nach der Implantation. Bei der EA konnten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden ( $p=0,271$  beim CI-Ohr und  $p=0,767$  beim nicht CI-Ohr).

Es bestand auch kein signifikanter Unterschied ( $p=0,634$  beim CI-Ohr,  $p=0,543$  beim nicht CI-Ohr) der Amplitude der VEMP bei Erstanpassung in Bezug auf Schwindelbeschwerden bei Erstanpassung.

Somit konnte kein Zusammenhang der Sacculusfunktion in Bezug auf das Auftreten von Schwindel festgestellt werden.

#### **4.6.9 Utriculusfunktion**

Die nachfolgenden Analysen untersuchen, ob ein Zusammenhang zwischen der Abweichung der SVV und dem Auftreten von Schwindel besteht. Alle Patienten mit einem präoperativen Ausfall des Utriculus wurden aus der Untersuchung ausgeschlossen.

Die Verteilung der Abweichung von SVV unterschied sich weder präoperativ ( $p=0,516$ ) noch postoperativ ( $p=0,743$ ) signifikant zwischen den Patienten ohne Schwindel von denen mit Gleichgewichtsstörungen nach dem Mann-Whitney-U-Test.

Auch hier konnte kein Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Schwindel und der Utriculusfunktion festgestellt werden.

#### 4.7 Vergleichskollektiv

Um anderweitige Einflüsse (z.B. Narkosenebenwirkungen) auszuschließen wurde ein Vergleichskollektiv aus 24 Patienten untersucht. Dieses Kollektiv wurde nicht am Ohr operiert, sondern an der Glandula parotis. Dieses glich dem CI-Kollektiv sowohl im Vorgehen der Narkose als auch in der Operationsdauer. Die Kontrollgruppe umfasste 14 männliche und 10 weibliche Patienten. Das Durchschnittsalter betrug 57 Jahre. Der Median betrug 59 Jahre bei einer SD von 17 Jahren. Der älteste Patient war 80 Jahre und der jüngste Patient 20 Jahre alt.

**Tabelle 4.83 Verteilung der Geschlechter**

Geschlecht		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozen-te
	männlich	14	58,3	58,3
	weiblich	10	41,7	41,7
	Gesamt	24	100,0	100,0

Die Männer waren durchschnittlich 56 Jahre alt. Der Median betrug 57 Jahre bei einer SD von 17 Jahren. Der älteste Mann war 74 Jahre alt und der jüngste männliche Patient war 20 Jahre alt.

Die Frauen waren im Durchschnitt 59 Jahre alt. Der Median betrug 62 Jahre bei einer SD von 17 Jahren. Die älteste Patientin war 80 Jahre alt und die jüngste Patientin war 33 Jahre alt. (Siehe Tabelle 4.84)

Präoperativ hatte nur ein Patient Schwindel angegeben und dieser hatte auch nach der Operation noch eine Schwindelsymptomatik. Ein Patient der vor der Operation Schwindelfrei war, klagte nach der Operation über Schwindel. Die restlichen Patienten gaben an weder prä- noch postoperativ unter Schwindel zu leiden.

**Tabelle 4.85 Kreuztabelle: Schwindel präoperativ – Schwindel eine Woche postoperativ**

		Schwindel präoperativ		Gesamt
		Nein	Ja	
Schwindel eine Woche postoperativ	nein	22	0	22
	Ja	1	1	2
Gesamt		23	1	24

Der exakte Test nach Fischer konnte keinen signifikanten Unterschied ( $p=0,83$ ) zwischen den beiden Gruppen erkennen.

Bei den Patienten aus dem CI-Kollektiv konnte im Kapitel 4.2 dagegen gezeigt werden, dass ein signifikanter Unterschied prä- und postoperativ beim Auftreten von Schwindel besteht.

## 5 Diskussion

Die Cochlea Implantation ist ein immer häufiger durchgeführter Eingriff. Bei Patienten mit starker Hörminderung und ungenügender Hörgeräteversorgung, kann durch die Cochlea Implantation eine Rehabilitation des Hörsinnes mit Sprachverstehen erreicht werden. Obwohl die Elektroden immer ausgereifter und die Operationstechniken schonender werden, bleiben postoperative Gleichgewichtsstörungen eine der häufigsten Komplikationen nach Cochlea Implantation. Das Auftreten von Schwindel postoperativ variiert in der Literatur sehr stark von 4% (Buchman et al., 2004) bis zu 75% (Steenerson et al., 2001). In unserer Studie lag die Inzidenz von Schwindelsymptomen eine Woche nach der Operation bei etwa einem Drittel der Patienten. Nach 6 Wochen litten noch 18% der Patienten, die präoperativ beschwerdefrei waren, an Schwindel. Die Symptomatik scheint mit der Zeit nach der Operation abzunehmen, dies könnte durch eine Adaptation und Kompensation des Gleichgewichtssinns erklärt werden.

Nicht nur die subjektiven Schwindelsymptome, sondern auch die objektive Gleichgewichtsfunktion werden durch die Cochlea Implantation beeinflusst. Das Gleichgewichtsorgan kann in die Bogengänge, den Sacculus und den Utriculus unterteilt werden. Die Bogengangsfunktion wurde mittels Kalorik (Hallpike, 1956) beurteilt. Hier konnte eine signifikante Verschlechterung der GLP auf der implantierten Seite nachgewiesen werden. Eine signifikante Reduktion der GLP auf der implantierten Seite konnte unsere eigene Arbeitsgruppe bereits in vorhergehenden Studien (Krause et al. (2010)) nachweisen. Die Cochlea Implantation hat somit einen negativen Einfluss auf die Bogengangsfunktion der implantierten Seite.

Im Gegensatz zur implantierten Seite haben sich die Werte des nicht implantierten Ohrs nicht signifikant verschlechtert. Dies entspricht den Ergebnissen anderer Arbeiten (Krause, Louza, et al., 2009) (Katsiari et al., 2013). Die nicht implantierte Seite zeigte in diesen Studien ebenfalls keinen signifikanten Unterschied. Kubo et al. (2001) kamen zu dem Ergebnis, dass die kalorische Antwort nach der Implantation bei allen Patienten abgenommen hatte. Die leichte Abnahme der kontralateralen Werte könnte auf eine Herunterregulation des kontralateralen Bogengangs zurückzuführen sein.

Des Weiteren zeigte etwa die Hälfte der Patienten mit einem normalen Ausgangsbefund postoperativ eine Untererregbarkeit oder einen Ausfall des lateralen Bogengangs. Todt et al. (2008) hatten eine Rate von 19,4%, die eine Verschlechterung der Bogengangsfunktion aufwiesen von normal zu untererregt oder von untererregt zu Ausfall. In der Studie von Ito (1998) zeigten 38% und in unserer Arbeitsgruppe in der Studie Krause, Louza, et al. (2009) zeigten 32% der Patienten eine Verschlechterung der kalorischen Antwort.

In unserer Studie zeigten 77% der Patienten mit einem normalen Ausgangsbefund eine Seitendifferenz zu Ungunsten der CI-Seite. Diese Ergebnisse unterstützen die These, dass sich vor allem die ipsilaterale Bogengangsfunktion nach der Operation verschlechtert. Dies könnte durch eine Ruptur der Basilarmembran, Vernarbungen oder einen Hydrops verursacht werden.

Die Funktion des Sacculus wurde mittels vestibulär evozierter Potentiale ermittelt. Hier zeigte sich eine deutliche Verschlechterung nach der Implantation. Die VEMP des implantierten Ohres fielen im Durchschnitt von 12,0  $\mu$ V auf 3,6  $\mu$ V. In einer anderen Studie unserer Arbeitsgruppe von Krause et al. (2010) fielen die VEMP von 19,3  $\mu$ V präoperativ auf 6,9  $\mu$ V postoperativ. Die signifikante Reduktion der VEMP deutet auf eine Schädigung des Sacculus hin. Der Sacculus befindet sich anatomisch nahe an der Basis der Cochlea, so dass er häufig beschädigt werden kann. (Tien et al., 2002)

Die VEMP am nicht CI-Ohr zeigten nur eine sehr geringe Reduktion, die jedoch ebenfalls signifikant war. Diese leichte Reduktion könnte durch eine kompensatorische Down-Regulation erklärt werden. Katsiari et al. (2013) und unsere Arbeitsgruppe Krause, Wechtenbruch, Rader, and Gürkov (2009) kamen zu dem Ergebnis, dass bei den Patienten auf der implantierten Seite postoperativ signifikant mehr Ausfälle des Sacculus auftraten. Auf der nicht implantierten Seite gab es keine signifikanten Unterschiede zu den präoperativen Ergebnissen.

Bei 44% der Patienten bei denen vor der Implantation auf der CI-Seite noch VEMP nachweisbar waren, konnten bei der EA keine VEMP mehr nachgewiesen werden. In der Studie von Todt et al. (2008) trat der Verlust von VEMP postoperativ bei 21% der Fälle auf. In der Studie von Ernst et al. (2006) waren sogar bei 78% der Patienten postoperativ keine VEMP mehr nachweisbar. Auch auf der nicht implantierten Seite waren bei 22% keine VEMP mehr nachweisbar. Der Sacculus der ipsilateralen Seite ist besonders anfällig nach dem Eingriff eine Funktionsverschlechterung oder sogar ein Ausfall zu erleiden. Diese Beobachtung ließe sich durch eine Basilarmembranruptur erklären und einer darauffolgenden Leckage der Endolymphe, welche auch die Sacculusfunktion beeinträchtigen würde.

Die Utriculusfunktion die mittels der subjektiven visuellen Vertikale ermittelt wurde, zeigte keine messbare Verschlechterung nach der Operation. Coordes et al. (2012) konnten bei ihren Untersuchungen auch keine Verschlechterung der Funktion des Utriculus feststellen. Eine einseitig vorhandene Verschlechterung der Utriculusfunktion nach der Operation könnte sich innerhalb der vier Wochen bis zur Messung der SVV wieder normalisiert haben. Eine Verschlechterung der Funktion wäre hiermit bei unseren Messungen nicht mehr nachweisbar. Eine frühere Messung kurze Zeit nach der Operation wäre nötig um eine solche Kompensation auszuschließen.

Zusammenfassend führt die Cochlea Implantation vor allem zu einer Beeinträchtigung der Bogengangfunktion und des Sacculus. Diese Veränderungen könnten durch eine Basilarmembranruptur, eine Fibrose des Vestibulums, ein Kollaps des Sacculus und ein Hydrops der Cochlea nach der Implantation bedingt sein und die jeweiligen Strukturen beeinträchtigen. (Handzel et al., 2006) Ein auffälliger histopathologischer Befund korreliert jedoch nicht immer mit dem Auftreten von Schwindel (Tien et al., 2002), so dass hierfür wahrscheinlich ein multifaktorielles Geschehen verantwortlich ist.

### **Elektrodeninsertionstiefe**

Die Elektrodeninsertionstiefe wurde anhand von Röntgenbildern bestimmt. Die Aufnahmen wurden nach Stenvers angefertigt und die Auswertung erfolgte anschließend nach Xu et al. (2000). Die durchschnittliche Insertionstiefe betrug in unserer Studie 529°. Die Insertionstiefe unterschied sich nicht wesentlich zwischen Patienten mit Schwindel (445°) und den Patienten



ohne Schwindel (476°). Die Insertionstiefe hatte auch keinen signifikanten Effekt auf die Funktion des Bogengangs, des Sacculus oder des Utriculus in unserer Untersuchung. Möglicherweise spielen hier zusätzliche Faktoren wie das Elektrodendesign und die Geschwindigkeit der Insertion eine wichtige Rolle. (Rajan et al., 2013; Rebscher et al., 2008) Eine tiefe Insertion ermöglicht somit die Stimulation tiefer Frequenzen ohne eine höhere Verletzungsgefahr benachbarter Strukturen zu verursachen.

Weiterhin ließen sich keine Unterschiede zwischen den verschiedenen Elektrodendesigns erkennen in Bezug auf die Entstehung von Schwindel. 35 Patienten erhielten eine CI24RECA-Elektrode und von diesen hatten 22 Patienten (63%) eine Verschlechterung der Bogengangsfunktion auf der implantierten Seite. Bei 4 anderen Elektrodendesigns (Standard, Flex28, CI422, Flexsoft) wurden Seitendifferenzen zu Ungunsten der nicht implantierten Seite gefunden. Eine genaue Interpretation bezüglich der Bogengangsfunktion ist jedoch wegen der kleinen Fallzahlen nicht möglich.

Rebscher et al. (2008) untersuchten die Steifigkeit verschiedener Elektrodendesigns im Zusammenhang mit postoperativen Schäden in der Cochlea. Sie kamen jedoch zu keinem signifikanten Ergebnis. Aschendorff et al. (2005) untersuchten zwei verschiedene Designs und konnten bei einem Elektrodendesign mehr Dislokationen in die Scala vestibuli nachweisen. Der Effekt auf das Vestibularorgan wurde jedoch nicht untersucht. Die Studie von Stöver et al. (2005) konnte jedoch je nach Elektrodendesign mehr Basilarmembranrupturen nachweisen. Weitere Studien mit größeren Fallzahlen wären nötig um einen Zusammenhang zwischen Schwindel und dem Elektrodendesign herzustellen.

Die Insertionstiefe eines Elektrodendesigns variierte sehr stark, so reichte die Bandbreite der Tiefe bei der CI24RECA-Elektrode von 252° bis 757°. Trieger et al. (2011) fanden mit Hilfe der Flat-panel Computertomographie auch eine große Variabilität in der Insertionstiefe eines Elektrodendesigns. In der Studie von Adunka et al. (2006) zeigte sich, dass die Elektrodentiefe vom Elektrodendesign und vom Kraftaufwand bei der Einführung abhängt. Sie konnten bei tief inserierten Elektroden mehr Schäden nachweisen. Demnach könnten tief inserierte Elektroden eher Schwindel verursachen. Diese These konnten wir in unserer Studie jedoch nicht belegen, da wir keinen Zusammenhang zwischen der Insertionstiefe und dem Auftreten von Gleichgewichtsstörungen nachweisen konnten. Die Insertionstiefe ist wahrscheinlich auch von den anatomischen Gegebenheiten abhängig. Weitere Studien zu den histopathologischen Veränderungen zwischen tief inserierten und oberflächlich inserierten Elektroden wären sinnvoll, um diese Fragestellung zu beantworten.

Ein weiterer Einflussfaktor der Insertionstiefe ist möglicherweise die variierende Morphologie der Cochlea und vor allem der Scala tympani. (Erixon et al., 2009; Verbist et al., 2009) Eine Limitation unserer Studie ist die 2 dimensionale Darstellung der Cochlea durch die Röntgenbilder. Die Insertionstiefe der Elektrode kann bestimmt werden, aber nicht die genaue Position der Elektrode innerhalb der Skalen. Todt et al. (2009) konnten mit Hilfe der Computertomographie und Aschendorff et al. (2005) mit Hilfe der Rotationstomographie die Änderung der Position der Elektrode von der Scala tympani in die Scala vestibuli nachweisen. Beide Studien haben aber nicht den Effekt auf das Vestibularorgan untersucht. Die Studie von Coordes et al. (2013) zeigte, dass bei regelrechter Lage der Elektrode in der Scala tympani keine

signifikanten Gleichgewichtsstörungen auftraten. Allerdings trat bei einigen Patienten eine Ruptur der Basilmembran auf und eine Migration der Elektrode von der Scala tympani in die Scala vestibuli; hierdurch könnten Gleichgewichtsstörungen verursacht werden. Der Skalenwechsel spielt möglicherweise eine wichtige Rolle bei der Entwicklung von Gleichgewichtsbeschwerden.

Unsere Studie zeigt auch, dass die Operateure denselben Elektrodentyp unterschiedlich tief inserieren. Die Interpretation auch in Bezug auf die Entstehung von Schwindel in Abhängigkeit vom Operateur ist aufgrund der kleinen Fallzahlen nicht möglich. Kontorinis et al. (2011) zeigten, dass die Erfahrung des Chirurgen die Geschwindigkeit der Insertion beeinflusst und somit auch die benötigte Kraft. Rebscher et al. (2008) konnten jedoch keinen Zusammenhang zwischen der Erfahrung des Chirurgen und des verursachten Schadens herstellen. Enticott et al. (2006) konnten auch keinen Zusammenhang zwischen Schwindel und dem Chirurgen-Team nachweisen.

### **Risikofaktoren für die Entstehung von Schwindel eine Woche postoperativ und bei Erstanpassung**

In unserer Studie waren die Patienten, die eine Woche postoperativ Schwindel entwickelten signifikant älter als die Patienten ohne Schwindelsymptome. Die Patienten mit Schwindel waren im Durchschnitt 18 Jahre älter (66 Jahre vs. 48 Jahre). Fina et al. (2003) kamen auch zu dem Ergebnis, dass ältere Patienten öfter über Schwindel klagen.

Bei Erstanpassung gab es keinen signifikanten Unterschied. Für die Auswertung stand jedoch nur eine geringe Fallzahl zur Verfügung. Die retrospektive Studie von Roberts et al. (2013) konnte bei älteren Patienten 5 Monate nach der Operation keine höhere Rate an Schwindel aufzeigen. Die älteren Patienten weisen durch altersbedingte degenerative Prozesse langsamere Kompensationsmechanismen auf (Sloane et al., 1989), so dass ein Unterschied in der Altersverteilung bei Schwindel eine Woche nach der Implantation noch sichtbar wäre.

In Bezug auf das Geschlecht, präoperativer Schwindel, die Implantat-Seite und die Implantat-Firma konnte kein Unterschied im Auftreten von postoperativem Schwindel festgestellt werden. Unsere Arbeitsgruppe Krause, Wechtenbruch, Rader, Berghaus, et al. (2009) konnten unter diesen Faktoren auch kein Zusammenhang zum Schwindel herstellen. Die Insertionstiefe, sowie die vorher aufgelisteten Faktoren waren kein Einflussfaktor für die Entstehung von Schwindel postoperativ.

In unserer Studie stellte sich als Risikofaktor für die Entstehung von Schwindel die verminderte präoperative Bogengangsfunktion dar. Fina et al. (2003) konnten die präoperative Kalorik nicht als Risikofaktor für postoperativen Schwindel identifizieren. Die präoperativ verminderte Bogengangsfunktion könnte auf ein vorbestehendes Problem des Vestibularorgans hindeuten, welches der Eingriff noch verstärkt und somit vermehrt zu Schwindel postoperativ führt. Andererseits müsste sich der Organismus bei einem Ausfall oder einer Schädigung der Bogengänge nicht so drastisch umstellen bei vorbestehender Untererregbarkeit. Diese These würde die Ergebnisse von Fina et al. (2003) unterstützen. Weiterführende Untersuchungen müssten durchgeführt werden, um diese Frage zu klären.

Die Patienten mit Schwindelbeschwerden nach der Implantation hatten signifikant schlechtere kalorische Antworten in dem implantierten Ohr postoperativ. Enticott et al. (2006) konnten bei

symptomatischen Patienten ebenfalls eine schlechtere Kalorik auf der implantierten Seite nachweisen. Dieses Ergebnis zeigt, dass eine verminderte postoperative Erregbarkeit des Bogengangs ein Risikofaktor für die Entstehung von Schwindel darstellt. Der Schwindel entsteht hier wahrscheinlich durch ein Ungleichgewicht der Bogengangsfunktion zwischen der implantierten und der nicht implantierten Seite.

Die präoperative sowie die postoperative Sacculus- und Utriculusfunktion haben beide kein Risikofaktor für das Auftreten von Schwindel dargestellt. Katsiari et al. (2013) konnten auch keinen Zusammenhang zwischen den präoperativen VEMP und dem Auftreten von Schwindel postoperativ nachweisen.

Zusammenfassend kamen wir zu dem Ergebnis, dass das Alter sowie, eine prä- und postoperativ verminderte Bogengangsfunktion Risikofaktoren für die Entstehung von frühen Schwindelbeschwerden nach einer Cochlea Implantation darstellen.

### **Vergleichskollektiv**

Das Vergleichskollektiv in unserer Studie zeigte deutlich weniger Schwindelsymptome postoperativ bei gleicher Gruppenbeschaffenheit, gleicher Operationsdauer und gleicher Anästhesie. Somit konnten wir Faktoren, wie die Operationsdauer und die Anästhesie als Risikofaktoren für die Entwicklung von Schwindel weitgehend ausschließen.

### **Ausblick**

Die Cochlea Implantation hat nicht nur Auswirkungen auf die Cochlea, sondern beeinflusst auch die benachbarten Gleichgewichtsorgane. Insbesondere die Bogengänge scheinen eine wichtige Rolle in der Entstehung von Schwindel nach Implantation zu spielen. Gleichgewichtsstörungen sollten nicht leichtfertig in Kauf genommen werden, vor allem da immer mehr Patienten jeden Alters von einer Cochlea Implantation profitieren können. Andererseits könnte bei Kindern und Jugendlichen durch eine Funktionsstörung der Gleichgewichtsfunktion die motorische Entwicklung beeinträchtigt werden. Dieses Risiko besteht bei älteren Patienten nicht, hier muss jedoch auf die Sturzneigung geachtet werden. Eine Schenkelhalsfraktur nach einem Sturz beispielsweise ist ein lebensbedrohliches Krankheitsbild und geht auch nach operativer Versorgung mit einer Einschränkung der Lebensqualität einher. Deshalb sollten die benachbarten Gleichgewichtsorgane bestmöglich geschont werden und weiterhin versucht werden die Elektroden zu optimieren. Eine präoperative Evaluation des Patienten im Hinblick auf das Risiko für die Entstehung für Schwindel sollte ebenfalls erfolgen und das Nutzen-Risiko-Verhältnis vor allem bei älteren Patienten erhoben werden.

Unsere Ergebnisse zeigen, dass die unterschiedlichen Insertionstiefen scheinbar keinen Einfluss auf die Gleichgewichtsfunktion haben. Die Industrie entwickelt immer dünnere und flexiblere Elektroden um eine möglichst tiefe und schonende Insertion zu ermöglichen. Die tiefere Insertion ermöglicht die Stimulation der tiefen Frequenzen und somit einen verbesserten Höreindruck. Wir konnten keinen Zusammenhang zwischen tiefer Insertion und dem Auftreten von Schwindel nachweisen, so dass eine tief eingeführte Elektrode nicht unbedingt mehr Schäden verursachen muss als eine kürzere Elektrode. Die Studie von Stöver et al. (2005) hat gezeigt, dass auch das Elektrodendesign einen Einfluss auf die Elektrodenposition hat. Des Weiteren konnten sie je nach Elektrodendesign häufiger eine Ruptur der Basilarmembran nachweisen. Wir konnten hier wegen der zu kleinen Fallzahlen keine Zusammenhänge

beurteilen. Weitere Studien über das Elektrodendesign und das Auftreten von Schwindel sollten durchgeführt werden, um genauere Schlussfolgerungen zu ziehen.

Der operative Zugangsweg in die Cochlea scheint ebenfalls von großer Bedeutung zu sein, um eine Schädigung des Vestibularorgans zu verhindern. Die Studie von Coordes et al. (2013) zeigte, dass der Zugang über die Membran des runden Fensters kaum eine Verschlechterung der vestibulären Rezeptoren zur Folge hatte. Weitere Studien mit in Bezugnahme des operativen Zugangswegs wären sinnvoll, um eine Minimierung von Gleichgewichtsstörungen zu belegen. Die Optimierung der Elektroden in Kombination mit dem optimalen Zugangsweg könnte das Auftreten von vestibulären Störungen noch weiter verringern.

Die Röntgenbilder sind ein schnelles und kostengünstiges Mittel um die Elektrodeninsertionstiefe zu bestimmen. Der Nachteil ist jedoch, dass man nicht die genaue Position in der Cochlea und dementsprechend innerhalb der Skalen bestimmen kann. Weitere Studien zum Beispiel mit Hilfe der Computertomographie wären nötig um die genaue Position der Elektrode auch in Abhängigkeit des Elektrodendesigns zu bestimmen.

## 6 Zusammenfassung

Die Cochlea Implantation wird seit 30 Jahren vorgenommen und in Deutschland haben bereits 25'000 bis 30'000 Bürger ein Cochlea Implantat erhalten. (Schaarschmidt, 2013) Eine bekannte Komplikation dieses Eingriffs ist das Auftreten von Gleichgewichtsstörungen. Diese Studie soll diesen Zusammenhang näher untersuchen. Die Funktion der Cochlea, der Bogengänge, des Sacculus und des Utriculus wurden hierzu prä- und postoperativ bestimmt. Außerdem wurde die Elektrodeninsertionstiefe mit Hilfe von Röntgen Bildern nach Stenvers ausgewertet.

Wir untersuchten 101 Patienten in unserer Studie, von denen 33% Patienten erstmals eine Woche postoperativ Schwindel entwickelten. Etwa die Hälfte der Patienten zeigte postoperativ eine Verschlechterung der Bogengangsfunktion. Die gemessene GLP zeigte auf der CI-Seite eine signifikante Reduktion. Auf der nicht implantierten Seite konnte dagegen keine statistisch signifikante Verschlechterung nachgewiesen werden. Dieses Ergebnis spricht für eine operative Beeinträchtigung der Bogengangsfunktion der implantierten Seite.

Weiterhin zeigte die Sacculusfunktion, die mittels VEMP untersucht wurde eine signifikante postoperative Reduktion. Bei fast der Hälfte der Patienten war ein Ausfall des Sacculus auf der CI-Seite nachweisbar und bei 22% der Patienten zeigte sich ein Ausfall des Sacculus auf der nicht implantierten Seite. Der Ausfall der ipsilateralen Seite beruht wahrscheinlich auf einer direkten Schädigung durch den Eingriff. Der Ausfall der Gegenseite könnte jedoch auf einen Kompensationsmechanismus durch eine Down-Regulierung hindeuten. Die Utriculusfunktion hat sich in unseren Untersuchungen nicht signifikant verändert.

Die durchschnittliche Insertionstiefe der Elektrode betrug in unserem Kollektiv  $529^\circ$ . Es konnte kein statistischer Zusammenhang zwischen der Insertionstiefe und dem Auftreten von Schwindel festgestellt werden. Sowohl die Bogengangs-, die Sacculus-, sowie die Utriculusfunktion zeigten keine signifikanten Veränderungen in Bezug auf die Insertionstiefe. Die verschiedenen Elektrodendesigns wurden ebenfalls in Relation zur Gleichgewichtsfunktion untersucht. Hier fand sich kein Unterschied bei geringer Fallzahl. Darüber hinaus konnten wir feststellen, dass die Elektroden von demselben Elektrodendesign unterschiedlich tief inseriert wurden. Es fand sich jedoch kein Zusammenhang zur Entwicklung von Schwindel postoperativ. Außerdem wurden weitere Faktoren untersucht, die das Risiko für postoperativen Schwindel begünstigen könnten. Dabei wurde das Geschlecht, das Vorhandensein von präoperativem Schwindel, die Implantat-Seite, die Implantat-Firma, die Sacculusfunktion und die Utriculusfunktion analysiert. Es zeigte sich für diese Kriterien kein Zusammenhang mit dem Auftreten von postoperativem Schwindel. Dagegen wurden höheres Alter und ein Abfall der Bogengangsfunktion als Risikofaktoren identifiziert.

Durch die Untersuchung eines Vergleichskollektivs das an der Glandula parotis und nicht am Ohr operiert wurde, konnten das Anästhesieverfahren und die Operationsdauer als Risikofaktoren ausgeschlossen werden.

Eine Limitierung unserer Studie ist vor allem die zweidimensionale Darstellung der Cochlea. Die genaue Position der Elektrode in den Skalen kann mit Hilfe von Röntgenbildern nicht ermittelt werden. Zumal andere Studien (Aschendorff et al., 2005; Coordes et al., 2012; Todt et al., 2009) zeigen konnten, dass eine Migration der Elektrode in die Scala vestibuli vorkommt und diese möglicherweise einen Einfluss auf die vestibuläre Funktion haben kann. Hierzu sind weiterführende Studien erforderlich.

## **7 Danksagung**

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. E. Krause, der mir dieses hochinteressante Thema überlassen hat und mir mit seiner Geduld, Motivation und seiner vielseitigen Unterstützung zur Seite stand. Nur durch seine konstruktive Hilfe, sowie seine engagierte Betreuung konnte diese Dissertation zustande kommen. Bei Frau Dr. med. J. Louza möchte ich mich bedanken für die hervorragende Betreuung, ihre unermüdliche Hilfsbereitschaft, sowie die zahlreichen kritischen Durchsichten meiner Arbeit.

Großer Dank gebührt auch meinem Verlobten, der mir während der anstrengenden Zeit des Studiums und der Doktorarbeit immer zur Seite stand. Außerdem möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken, die mir das Studium ermöglicht haben und mich während der langen Zeit unterstützt haben. Ein besonderer Dank gilt auch meinen Schwiegereltern in spe, die mir vor allem am Ende des Studiums und der Dissertation den Rücken frei gehalten haben.

Ein besonderer Dank gilt auch der Radiologie in Großhadern für die Anfertigung, der zur Auswertung benötigten Röntgenaufnahmen.

Nicht zu Letzt will ich mich bei Prof. Dr. A. Berghaus und der gesamten HNO-Klinik Großhadern bedanken für die Bereitstellung der Hilfsmittel, die Unterstützung bei der Durchführung der Messungen, der Sammlung von Fragebögen und der Datenerhebung.

## 8 Abkürzungsverzeichnis

Ag.....	Silber
BERA.....	Brainstem evoked response audiometry
CI.....	Cochlear Implant
Cl.....	Chlor
CT.....	Computertomographie
EA.....	Erstanpassung
etc.....	et cetera
GLP.....	Geschwindigkeit der langsamen Phase
HNO.....	Hals-Nasen-Ohren
MRT.....	Magnetresonanztomografie
SPN.....	Spontannystagmus
SD.....	Standardabweichung
SVV.....	Subjektive visuelle Vertikale
TEOAE.....	Transitorisch evozierte otoakustische Emissionen
VEMP.....	Vestibulär evozierte myogene Potentiale
VOG.....	Vestibulookulärer Reflex
VSR.....	Vestibulospinaler Reflex
z.B.....	zum Beispiel

# 9      **Abbildungsverzeichnis**

## 9.1      **Abbildungen im Text**

Abbildung 1.1 Endo- und perilymphatische Räume (aus Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde von Boeninghaus & Lenarz 2012).....	9
Abbildung 1.2 Die Ein- und Ausgänge der Vestibulariskerne (aus Physiologie von Klinike et al., 2010).....	11
Abbildung 1.3 ENG Links: Schema der Messvorrichtung, rechts: Platzierungen der Elektroden (aus dem Buch Medizintechnik Verfahren - Systeme - Informationsverarbeitung von Kramme R. 2011).....	18
Abbildung 1.4 VOG: Schema der Messvorrichtung (aus dem Buch Medizintechnik Verfahren - Systeme - Informationsverarbeitung von Kramme R. 2011).....	19
Abbildung 3.1 Aufnahme nach Stenvers (aus Radiologie von Reiser, 2011) .....	26
Abbildung 3.2 Schematische Darstellung des Vestibulums und der Elektrodenlage in der Cochlea (SCC: Canalis semicircularis anterior, V: Vestibulum, RW: rundes Fenster) (aus (Xu et al., 2000)).....	26
Abbildung 3.3 Röntgenaufnahme nach Stenvers (1. Vertikale Linie durch die Spitze des vorderen Bogengangs und das Vestibulum; 2. Senkrechte Hilfslinie durch die Mitte der Cochlea).....	27
Abbildung 3.4 Röntgenaufnahme nach Stenvers (1: Vertikale Linie durch die Spitze des vorderen Bogengangs und das Vestibulum; 2: Senkrechte Hilfslinie durch die Mitte der Cochlea; 3: Pfeil markiert das runde Fenster an der Kreuzung von Linie 1 und der Elektrode; 3': Pfeil geht durch die Spitze der letzten Elektrode in der Cochlea).....	27
Abbildung 3.5 Blick in das rechte Mittelohr durch das Mastoid nach posteriorer Tympanotomie (Intraoperative Aufnahme) .....	31
Abbildung 4.1 Altersverteilung am Tag der Operation (n=101) .....	33
Abbildung 4.2 Horizontaler Spontannystagmus präoperativ (n=81) .....	34
Abbildung 4.3 Horizontaler Spontannystagmus bei Erstanpassung (n=66) .....	35
Abbildung 4.4 Vertikaler Spontannystagmus präoperativ (n=79).....	35
Abbildung 4.5 Vertikaler Spontannystagmus bei Erstanpassung (n=65).....	36
Abbildung 4.6 Verteilung der gemessenen GLP präoperativ (n=81) .....	36
Abbildung 4.7 Verteilung der gemessenen GLP bei Erstanpassung (n=63) .....	37
Abbildung 4.8 Korrelation der GLP (°/s) prä- und postoperativ (n=62).....	37
Abbildung 4.9 Quantitative Auswertung der CI-Seite präoperativ (n=81).....	38
Abbildung 4.10 Quantitative Auswertung der CI-Seite postoperativ (n=64).....	38
Abbildung 4.11 Verteilung der gemessenen GLP der nicht CI-Seite präoperativ (n=79) .....	39
Abbildung 4.12 Verteilung der gemessenen GLP der nicht CI-Seite bei Erstanpassung (n=67) .....	39



Abbildung 4.13 Korrelation der GLP (°/s) der nicht CI-Seite prä- und postoperativ (n=63).....	40
Abbildung 4.14 Quantitative Auswertung der nicht CI-Seite präoperativ (n=79) .....	40
Abbildung 4.15 Quantitative Auswertung der nicht CI-Seite postoperativ (n=67) .....	41
Abbildung 4.16 Kalorik im Seitenvergleich präoperativ (n=81).....	41
Abbildung 4.17 Kalorik im Seitenvergleich postoperativ (n=64).....	42
Abbildung 4.18 Korrelation VEMP CI-Ohr prä- und postoperativ (n=64) .....	43
Abbildung 4.19 Korrelation VEMP nicht CI-Ohr prä- und postoperative (n=64).....	43
Abbildung 4.20 Abweichung von der SVV (°) präoperativ (n=35) .....	45
Abbildung 4.21 Abweichung von der SVV (°) postoperativ (n=27) .....	45
Abbildung 4.22 Verteilung der Elektrodeninsertionstiefe (n=94) .....	46
Abbildung 4.23 Korrelation zwischen der Elektrodeninsertionstiefe und der gemessenen GLP der CI-Seite postoperativ (n=47) .....	48
Abbildung 4.24 Korrelation der Elektrodeninsertionstiefe und der Amplitude der VEMP am CI-Ohr postoperativ (n=31) .....	49
Abbildung 4.25 Korrelation zwischen der Elektrodeninsertionstiefe und der SVV bei Erstanpassung (n=20) .....	50
Abbildung 4.26 Verteilung der implantierten Elektrodendesigns (n= 92).....	50
Abbildung 4.27 Auftreten von Schwindel eine Woche postoperativ in Abhängigkeit vom Elektrodendesign (n=31) .....	51
Abbildung 4.28 Auftreten von postoperativem Schwindel in Abhängigkeit vom Elektrodendesign (n=15) .....	51
Abbildung 4.29 Kalorik im Seitenvergleich postoperativ in Abhängigkeit vom Elektrodendesign (n=45) .....	52
Abbildung 4.30 Vorhandensein von postoperativen VEMP in Abhängigkeit vom Elektrodendesign (n=34) .....	53
Abbildung 4.31 SVV im Seitenvergleich postoperativ in Abhängigkeit vom Elektrodendesign (n=19) .....	53
Abbildung 4.32 Vorkommen von Schwindel eine Woche postoperativ unter den Geschlechtern (n=59)....	55
Abbildung 4.33 Vorkommen von Schwindel bei Erstanpassung postoperativ unter den Geschlechtern (n=17) .....	56
Abbildung 4.34 Vorkommen von Schwindel eine Woche postoperativ je nach Implantat-Seite (n=36).....	57
Abbildung 4.35 Vorkommen von Schwindel bei Erstanpassung je nach Implantat-Seite (n=17).....	57
Abbildung 4.36 Vorkommen von Schwindel eine Woche postoperativ je nach Implantat-Hersteller (n=36) .....	58

Abbildung 4.37 Vorkommen von Schwindel bei Erstanpassung je nach Implantat-Hersteller (n=17) .....	59
Abbildung 4.38 Vorkommen von Schwindel eine Woche postoperativ je nach Operateur (n=36) .....	60
Abbildung 4.39 Vorkommen von Schwindel bei Erstanpassung je nach Operateur (n=17).....	60

## **9.2      Abbildungen im Anhang**

Abbildung A.1: Fragebogen zu Schwindelsymptomen vor einer Cochlea Implantation .....	82
Abbildung A.2: Fragebogen zu Schwindelsymptomen eine Woche nach der Cochlea Implantation .....	83
Abbildung A.3: Fragebogen zu Schwindelsymptomen bei Erstanpassung .....	84
Abbildung A.4: Fragebogen zu Schwindelsymptomen vor einer Parotis Operation.....	85
Abbildung A.5: Fragebogen zu Schwindelsymptomen eine Woche nach der Parotis Operation.....	86

## **10 Tabellenverzeichnis**

### **10.1 Tabellen im Text**

Tabelle 4.83 Verteilung der Geschlechter .....	62
Tabelle 4.85 Kreuztabelle: Schwindel präoperativ – Schwindel eine Woche postoperativ .....	62

### **10.2 Tabellen im Anhang**

Tabelle 4.1 Altersverteilung beider Geschlechter.....	87
Tabelle 4.2 Tests auf Normalverteilung des Alters.....	87
Tabelle 4.3 Häufigkeit von Schwindel präoperativ.....	87
Tabelle 4.4 Häufigkeit von Schwindel eine Woche postoperativ .....	87
Tabelle 4.5 Häufigkeit von Schwindel bei Erstanpassung .....	87
Tabelle 4.6 Kreuztabelle: Schwindel präoperativ – Schwindel eine Woche postoperativ .....	87
Tabelle 4.7 Kreuztabelle: Schwindel präoperativ – Schwindel bei Erstanpassung .....	88
Tabelle 4.8 Kreuztabelle: Horizontaler SPN präoperativ – bei Erstanpassung.....	88
Tabelle 4.9 Kreuztabelle: Vertikaler SPN präoperativ – bei Erstanpassung .....	88
Tabelle 4.10 Messwerte der GLP der CI-Seite präoperativ .....	88
Tabelle 4.11 Messwerte GLP der CI-Seite bei Erstanpassung.....	88
Tabelle 4.12 Tests auf Normalverteilung der GLP präoperativ und bei Erstanpassung.....	89
Tabelle 4.13 Quantitative Werte der Kalorik der CI-Seite präoperativ .....	89
Tabelle 4.14 Quantitative Werte der Kalorik der CI-Seite postoperativ .....	89
Tabelle 4.15 Kreuztabelle: Kalorik quantitative Werte präoperativ – postoperativ .....	89
Tabelle 4.16 Messwerte der GLP der nicht CI-Seite präoperativ .....	90
Tabelle 4.17 Messwerte GLP der nicht CI-Seite bei Erstanpassung.....	90
Tabelle 4.18 Test auf Normalverteilung der GLP der nicht implantierten Seite präoperativ und bei Erstanpassung .....	90
Tabelle 4.19 Quantitative Werte der Kalorik der nicht CI-Seite präoperativ.....	90

<b>Tabelle 4.20</b> Quantitative Werte der Kalorik der nicht CI-Seite postoperativ .....	<b>91</b>
<b>Tabelle 4.21</b> Qualitative Werte der Kalorik im Seitenvergleich präoperativ .....	<b>91</b>
<b>Tabelle 4.22</b> Qualitative Werte der Kalorik im Seitenvergleich postoperativ .....	<b>91</b>
<b>Tabelle 4.23</b> Kreuztabelle: Kalorik Seitenvergleich präoperativ – Kalorik Seitenvergleich bei Erstanpassung .....	<b>92</b>
<b>Tabelle 4.24</b> Gruppenvergleich Kalorik präoperativ .....	<b>92</b>
<b>Tabelle 4.25</b> Gruppenvergleich Kalorik postoperativ .....	<b>92</b>
<b>Tabelle 4.26</b> Kreuztabelle: Gruppenvergleich Kalorik präoperativ – postoperativ .....	<b>92</b>
<b>Tabelle 4.27</b> Chi-Quadrat-Test: Kalorikvergleich der Gruppen .....	<b>93</b>
<b>Tabelle 4.28</b> Messwerte der VEMP des CI-Ohres präoperativ – postoperativ.....	<b>93</b>
<b>Tabelle 4.29</b> Messwerte der VEMP des nicht CI-Ohres präoperativ – postoperativ .....	<b>93</b>
<b>Tabelle 4.30</b> Tests auf Normalverteilung: VEMP CI-Ohr.....	<b>93</b>
<b>Tabelle 4.31</b> Tests auf Normalverteilung: VEMP nicht CI-Ohr .....	<b>93</b>
<b>Tabelle 4.32</b> Kreuztabelle: VEMP CI-Ohr präoperativ – postoperativ .....	<b>94</b>
<b>Tabelle 4.33</b> Chi-Quadrat-Test: VEMP CI-Ohr präoperativ-postoperativ .....	<b>94</b>
<b>Tabelle 4.34</b> Kreuztabelle: VEMP nicht CI-Ohr präoperativ – postoperativ .....	<b>94</b>
<b>Tabelle 4.35</b> Chi-Quadrat-Test: VEMP nicht CI-Ohr präoperativ – postoperativ.....	<b>94</b>
<b>Tabelle 4.36</b> Abweichungen von der SVV präoperativ – postoperativ.....	<b>94</b>
<b>Tabelle 4.37</b> SVV im Seitenvergleich präoperativ .....	<b>95</b>
<b>Tabelle 4.38</b> SVV im Seitenvergleich bei Erstanpassung .....	<b>95</b>
<b>Tabelle 4.39</b> Kreuztabelle: SVV im Seitenvergleich präoperativ – postoperativ .....	<b>95</b>
<b>Tabelle 4.40</b> Gruppenvergleich der SVV präoperativ .....	<b>95</b>
<b>Tabelle 4.41</b> Gruppenvergleich der SVV postoperativ.....	<b>96</b>
<b>Tabelle 4.42</b> Statistik Elektrodeninsertionstiefe.....	<b>96</b>
<b>Tabelle 4.43</b> Tests auf Normalverteilung: Elektrodeninsertionstiefe .....	<b>96</b>
<b>Tabelle 4.44</b> Gruppenstatistik: Insertionstiefe bei Schwindel bei Erstanpassung .....	<b>96</b>

<b>Tabelle 4.45 Korrelation zwischen der Elektrodeninsertionstiefe und Schwindel postoperativ.....</b>	<b>96</b>
<b>Tabelle 4.46 Gruppenvergleich der Insertionstiefe.....</b>	<b>96</b>
<b>Tabelle 4.47 Kreuztabelle: Gruppenvergleich der Elektrodeninsertionstiefe – Schwindel bei Erstanpassung .....</b>	<b>97</b>
<b>Tabelle 4.48 Chi-Quadrat-Test: Elektrodeninsertionstiefe – Schwindel bei Erstanpassung .....</b>	<b>97</b>
<b>Tabelle 4.49 Gruppenstatistik: Insertionstiefe – Horizontaler SPN postoperativ .....</b>	<b>97</b>
<b>Tabelle 4.50 Gruppenstatistik: Elektrodeninsertionstiefe – Vertikaler SPN postoperativ.....</b>	<b>97</b>
<b>Tabelle 4.51 Gruppenvergleich der Kalorikgruppen und der Elektrodeninsertionstiefe .....</b>	<b>97</b>
<b>Tabelle 4.52 Korrelation: Elektrodeninsertionstiefe - Gemessene GLP postoperativ .....</b>	<b>98</b>
<b>Tabelle 4.53 Gruppenstatistik: Elektrodeninsertionstiefe – VEMP CI-Ohr postoperativ .....</b>	<b>98</b>
<b>Tabelle 4.54 Korrelation zwischen der Elektrodeninsertionstiefe – VEMP CI-Ohr bei EA .....</b>	<b>98</b>
<b>Tabelle 4.55 Gruppenstatistik: Elektrodeninsertionstiefe – SVV-Gruppen bei EA .....</b>	<b>98</b>
<b>Tabelle 4.56 Korrelation zwischen der Elektrodeninsertionstiefe – Abweichungen von der SVV bei Erstanpassung .....</b>	<b>99</b>
<b>Tabelle 4.57 Implantationsrate des Elektrodendesigns .....</b>	<b>99</b>
<b>Tabelle 4.58 Kreuztabelle: Elektrodendesign – Schwindel eine Woche postoperativ.....</b>	<b>99</b>
<b>Tabelle 4.59 Kreuztabelle: Elektrodendesign – Schwindel bei Erstanpassung.....</b>	<b>99</b>
<b>Tabelle 4.60 Kreuztabelle: Elektrodendesign – Kalorik Seitenvergleich postoperativ .....</b>	<b>100</b>
<b>Tabelle 4.61 Kreuztabelle: Elektrodendesign – VEMP CI-Ohr postoperativ .....</b>	<b>100</b>
<b>Tabelle 4.62 Kreuztabelle: Elektrodentypen – SVV im Seitenvergleich postoperativ.....</b>	<b>100</b>
<b>Tabelle 4.63 Insertionstiefe der verschiedenen Elektroden .....</b>	<b>101</b>
<b>Tabelle 4.64 Elektrodeninsertionstiefe (°) der CI24RECA-Elektrode in Abhängigkeit der verschiedenen Operateure.....</b>	<b>101</b>
<b>Tabelle 4.65 Elektrodeninsertionstiefe (°) der Standard-Elektrode in Abhängigkeit der verschiedenen Operateure.....</b>	<b>101</b>
<b>Tabelle 4.66 Elektrodeninsertionstiefe (°) der Flex28-Elektrode in Abhängigkeit der verschiedenen Operateure.....</b>	<b>101</b>
<b>Tabelle 4.67 Elektrodeninsertionstiefe (°) der CI422-Elektrode in Abhängigkeit der verschiedenen Operateure.....</b>	<b>102</b>

<b>Tabelle 4.68 Elektrodeninsertionstiefe (°) der Flexsoft-Elektrode in Abhängigkeit der verschiedenen Operateure.....</b>	<b>102</b>
<b>Tabelle 4.69 Gruppenstatistik: Alter – Schwindel eine Woche postoperativ.....</b>	<b>102</b>
<b>Tabelle 4.70 Gruppenstatistik: Alter – Schwindel bei Erstanpassung.....</b>	<b>102</b>
<b>Tabelle 4.71 Kreuztabelle: Geschlecht – Schwindel eine Woche postoperativ.....</b>	<b>102</b>
<b>Tabelle 4.72 Chi-Quadrat-Test: Geschlecht – Schwindel eine Woche postoperativ.....</b>	<b>103</b>
<b>Tabelle 4.73 Kreuztabelle: Geschlecht – Schwindel bei Erstanpassung.....</b>	<b>103</b>
<b>Tabelle 4.74 Kreuztabelle: Schwindel präoperativ – Schwindel eine Woche postoperativ.....</b>	<b>103</b>
<b>Tabelle 4.75 Häufigkeit der Implantat-Seiten.....</b>	<b>103</b>
<b>Tabelle 4.76 Kreuztabelle: Implantat-Seite – Schwindel eine Woche postoperativ.....</b>	<b>103</b>
<b>Tabelle 4.77 Kreuztabelle: Implantat-Seite – Schwindel bei Erstanpassung.....</b>	<b>103</b>
<b>Tabelle 4.78 Häufigkeit der Implantat-Hersteller.....</b>	<b>104</b>
<b>Tabelle 4.79 Kreuztabelle: Implantat-Hersteller – Schwindel eine Woche postoperativ.....</b>	<b>104</b>
<b>Tabelle 4.80 Kreuztabelle: Implantat-Hersteller – Schwindel bei Erstanpassung.....</b>	<b>104</b>
<b>Tabelle 4.81 Kreuztabelle: Operateure – Schwindel eine Woche postoperativ.....</b>	<b>104</b>
<b>Tabelle 4.82 Kreuztabelle: Operateure – Schwindel bei Erstanpassung.....</b>	<b>104</b>
<b>Tabelle 4.84 Altersverteilung der Geschlechter.....</b>	<b>105</b>

## 11 Literaturverzeichnis

1. Adunka, O., & Kiefer, J. (2006). Impact of electrode insertion depth on intracochlear trauma. *Otolaryngol Head Neck Surg*, *135*(3), 374-382.
2. Aschendorff, A., Kubalek, R., Turowski, B., Zanella, F., Hochmuth, A., Schumacher, M., . . . Laszig, R. (2005). Quality control after cochlear implant surgery by means of rotational tomography. *Otol Neurotol*, *26*(1), 34-37.
3. Behrends, J. C. (2010). *Physiologie*. Stuttgart: Thieme.
4. Berghaus, A. (1996). *Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde*. Stuttgart: Hippokrates-Verl.
5. Boenninghaus, H.-G., & Lenarz, T. (2012). *Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde* (14. Aufl. ed.). Heidelberg: Springer.
6. Böhmer, A. (1997). Zur Beurteilung der Otolithenfunktion mit der subjektiven visuellen Vertikalen. *HNO*, *45*, 533-537. doi: 10.1007/s001060050127
7. Buchman, C. A., Joy, J., Hodges, A., Telischi, F. F., & Balkany, T. J. (2004). Vestibular effects of cochlear implantation. *Laryngoscope*, *114*(10 Pt 2 Suppl 103), 1-22.
8. Coordes, A., Basta, D., Gotze, R., Scholz, S., Seidl, R. O., Ernst, A., & Todt, I. (2012). Sound-induced vertigo after cochlear implantation. *Otol Neurotol*, *33*(3), 335-342.
9. Coordes, A., Ernst, A., Brademann, G., & Todt, I. (2013). Round window membrane insertion with perimodiolar cochlear implant electrodes. *Otol Neurotol*, *34*(6), 1027-1032.
10. Djourno, A., Eyries, C., & Vallancien, P. (1957). [Preliminary attempts of electrical excitation of the auditory nerve in man, by permanently inserted micro-apparatus]. *Bull Acad Natl Med*, *141*(21-23), 481-483.
11. Enticott, J. C., Tari, S., Koh, S. M., Dowell, R. C., & O'Leary, S. J. (2006). Cochlear implant and vestibular function. *Otol Neurotol*, *27*(6), 824-830.
12. Erixon, E., Hogstorp, H., Wadin, K., & Rask-Andersen, H. (2009). Variational anatomy of the human cochlea: implications for cochlear implantation. *Otol Neurotol*, *30*(1), 14-22.
13. Ernst, A., Todt, I., Seidl, R. O., Eisenschenk, A., Blodow, A., & Basta, D. (2006). The application of vestibular-evoked myogenic potentials in otoneurosurgery. *Otolaryngol Head Neck Surg*, *135*(2), 286-290.
14. Fina, M., Skinner, M., Goebel, J. A., Piccirillo, J. F., Neely, J. G., & Black, O. (2003). Vestibular dysfunction after cochlear implantation. *Otol Neurotol*, *24*(2), 234-242.
15. Hallpike, C. S. (1956). The caloric tests. *The Journal of Laryngology & Otology* *70*(1), 15-28.
16. Handzel, O., Burgess, B. J., & Nadol, J. B., Jr. (2006). Histopathology of the peripheral vestibular system after cochlear implantation in the human. *Otol Neurotol*, *27*(1), 57-64.
17. Iro, H. (2011). *Vertigo - Kontroverses und Bewährtes*. Wien [u.a.]: Springer.
18. Ito, J. (1998). Influence of the multichannel cochlear implant on vestibular function. *Otolaryngol Head Neck Surg*, *118*(6), 900-902.
19. Katsiari, E., Balatsouras, D. G., Sengas, J., Riga, M., Korres, G. S., & Xenelis, J. (2013). Influence of cochlear implantation on the vestibular function. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, *270*(2), 489-495.
20. Klinke, R., Pape, H.-C., & Silbernagl, S. (2010). *Physiologie* (6., vollständig überarb. Aufl. ed.). Stuttgart [u.a.]: Thieme.
21. Kontorinis, G., Lenarz, T., Stover, T., & Paasche, G. (2011). Impact of the insertion speed of cochlear implant electrodes on the insertion forces. *Otol Neurotol*, *32*(4), 565-570.

22. Kramme, R. (2011). *Medizintechnik Verfahren - Systeme - Informationsverarbeitung* (4., vollst. überarb. und erw. Aufl. ed.). Berlin [u.a.]: Springer.
23. Krause, E., Louza, J. P., Hempel, J. M., Wechtenbruch, J., Rader, T., & Gurkov, R. (2009). Effect of cochlear implantation on horizontal semicircular canal function. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 266(6), 811-817.
24. Krause, E., Louza, J. P., Wechtenbruch, J., & Gurkov, R. (2010). Influence of cochlear implantation on peripheral vestibular receptor function. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 142(6), 809-813.
25. Krause, E., Wechtenbruch, J., Rader, T., Berghaus, A., & Gurkov, R. (2009). Impaired fixation suppression is a risk factor for vertigo after cochlear implantation. *J Laryngol Otol*, 123(8), 845-850.
26. Krause, E., Wechtenbruch, J., Rader, T., & Gurkov, R. (2009). Influence of cochlear implantation on sacculus function. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 140(1), 108-113.
27. Kubo, T., Yamamoto, K., Iwaki, T., Doi, K., & Tamura, M. (2001). Different forms of dizziness occurring after cochlear implant. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 258(1), 9-12.
28. Laszig, R., Lenarz, T., & Deutschen Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, K.-u. H.-C. e. V. (2012). Leitlinie: Cochlea-Implantat Versorgung und zentral-auditorische Implantate: AWMF.
29. Louza, J. P. R. (2010). *Zum Einfluss der Cochlea Implantation auf das Vestibularorgan*.
30. Møller, A. R. (2006). *Cochlear and brainstem implants*. Basel: Karger.
31. Probst, R. (2004). *Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde* (2., korr. und aktualisierte Aufl. ed.). Stuttgart [u.a.]: Thieme.
32. Rajan, G. P., Kontorinis, G., & Kuthubutheen, J. (2013). The effects of insertion speed on inner ear function during cochlear implantation: a comparison study. *Audiol Neurootol*, 18(1), 17-22.
33. Rebscher, S. J., Hetherington, A., Bonham, B., Wardrop, P., Whinney, D., & Leake, P. A. (2008). Considerations for design of future cochlear implant electrode arrays: electrode array stiffness, size, and depth of insertion. *J Rehabil Res Dev*, 45(5), 731-747.
34. Reiß, M. (2009). *Facharztwissen HNO-Heilkunde differenzierte Diagnostik und Therapie* Heidelberg: Springer.
35. Roberts, D. S., Lin, H. W., Herrmann, B. S., & Lee, D. J. (2013). Differential cochlear implant outcomes in older adults. *Laryngoscope*, 123(8), 1952-1956.
36. Schaarschmidt, M. (2013). Cochlea-Implantate: Wenn Hörgeräte nicht mehr helfen. *Deutsches Ärzteblatt*, 110(14), 22.
37. Sloane, P. D., Baloh, R. W., & Honrubia, V. (1989). The vestibular system in the elderly: Clinical implications. *American Journal of Otolaryngology*, 10(6), 422-429.
38. Steenerson, R. L., Cronin, G. W., & Gary, L. B. (2001). Vertigo after cochlear implantation. *Otol Neurotol*, 22(6), 842-843.
39. Stoll, W., Most, E., & Tegenthoff, M. (2004). *Schwindel und Gleichgewichtsstörungen* (Vol. 4): Georg Thieme.
40. Stöver, T., Issing, P., Graurock, G., Erfurt, P., ElBeltagy, Y., Paasche, G., & Lenarz, T. (2005). Evaluation of the advance off-stylet insertion technique and the cochlear insertion tool in temporal bones. *Otol Neurotol*, 26(6), 1161-1170.
41. Tien, H. C., & Linthicum, F. H., Jr. (2002). Histopathologic changes in the vestibule after cochlear implantation. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 127(4), 260-264.
42. Todt, I., Basta, D., & Ernst, A. (2008). Does the surgical approach in cochlear implantation influence the occurrence of postoperative vertigo? *Otolaryngol Head Neck Surg*, 138(1), 8-12.



43. Todt, I., Rademacher, G., Wagner, J., Gopel, F., Basta, D., Haider, E., & Ernst, A. (2009). Evaluation of cochlear implant electrode position after a modified round window insertion by means of a 64-multislice CT. *Acta Otolaryngol*, 129(9), 966-970.
44. Trieger, A., Schulze, A., Schneider, M., Zahnert, T., & Murbe, D. (2011). In vivo measurements of the insertion depth of cochlear implant arrays using flat-panel volume computed tomography. *Otol Neurotol*, 32(1), 152-157.
45. Verbist, B. M., Ferrarini, L., Briaire, J. J., Zarowski, A., Admiraal-Behloul, F., Olofsen, H., . . . Frijns, J. H. (2009). Anatomic considerations of cochlear morphology and its implications for insertion trauma in cochlear implant surgery. *Otol Neurotol*, 30(4), 471-477.
46. Wintermantel, E., & Ha, S.-W. (2009). *Medizintechnik* (5., überarb. und erw. Aufl. ed.). Berlin: Springer.
47. Xu, J., Xu, S. A., Cohen, L. T., & Clark, G. M. (2000). Cochlear view: postoperative radiography for cochlear implantation. *Am J Otol*, 21(1), 49-56.

**Internetadressen:**

48. <http://www.cochlear.com/de>.

Cochlear GmbH, Hannover, Deutschland

49. <http://www.medel.com/de/>.

MED-EL Deutschland GmbH, Starnberg, Deutschland

50. <http://www.schmidt-neurootologie.de/Diagnostik-bei-Schwindel---allgemein/Visuelle-Vertikale/1,000000312885,8,1>

Schmidt, C.L., Osnabrück, Deutschland

## 12 Anhang

### Abbildung A. I: Fragebogen zu Schwindelsymptomen vor einer Cochlea Implantation

1) Haben Sie Schwindel oder Gleichgewichtsstörungen?

- Ja  Nein (*fertig mit dem Fragebogen*)

2) Seit wann leiden Sie unter Schwindel oder Gleichgewichtsstörungen (z.B. 5 Monate, 2 Jahre...)?

3) Welche Qualität hat der Schwindel bzw. die Gleichgewichtsstörung?

- Drehschwindel  Schwankschwindel  
 Liftgefühl  allgemeines Unsicherheitsgefühl

4) Wie oft tritt das Schwindelgefühl auf?

- Dauerschwindel (*weiter Frage 8*)  täglich  
 wöchentlich  monatlich  
 mehrmals im Jahr  sehr unregelmäßig

5) Wie lange hält der Schwindel an?

- Sekunden  Minuten  
 Stunden  Tage  
 Wochen

6) Gibt es Auslöser für den Schwindel (z. B. Kopfbewegungen, Tätigkeiten, Lärm)?

- Ja  Nein

Wenn ja, welche .....

7) Kündigt sich der Schwindel durch Vorboten (z. B. Ohrdruck, Pfeifen, Hörminderung) an?

- Ja  Nein

Wenn ja, welche .....

8) Welche Begleitsymptome treten auf?

- keine  Hörminderung  
 Ohrgeräusche  Übelkeit, Erbrechen  
 Kopfschmerzen  Angst  
 Schwitzen  Sonstige, nämlich.....

9) Wie stark leiden Sie unter dem Schwindel? (*Bitte mit senkrechtem Strich markieren!*)

|-----|  
gar nicht, harmlos extrem, nicht auszuhalten

Bemerkungen: .....

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

Datum: .....

Unterschrift: .....

**Abbildung A.2: Fragebogen zu Schwindelsymptomen eine Woche nach der Cochlea Implantation**

1) Haben Sie oder leiden Sie **seit** der Cochlea-Implantations-Operation unter einem Schwindel oder Gleichgewichtsstörungen?

- Ja  Nein (*fertig mit dem Fragebogen*)

2) Falls Sie bereits vor der CI-Operation Schwindel oder Gleichgewichtsstörungen hatten, haben sich diese verändert?

- Schwindel hat sich verstärkt  Schwindel ist gleich geblieben  
 Schwindel hat sich verringert

3) Wann trat der Schwindel erstmalig nach der Operation auf (bzw. hat sich verstärkt)?

- direkt nach OP  am 1. Tag nach der OP  
 am 2. Tag nach der Operation  später

4) Welche Qualität hat der Schwindel bzw. die Gleichgewichtsstörung nach der Operation?

- Drehschwindel  Schwankschwindel  
 Liftgefühl  allgemeines Unsicherheitsgefühl

5) Handelt es sich um Dauer- oder Attackenschwindel?

- Dauerschwindel (*weiter Frage 9*)  Attackenschwindel

6) Wie lange hält der Attackenschwindel an?

- Sekunden  Minuten  
 Stunden  sehr unterschiedlich

7) Gibt es Auslöser für den Schwindel (z. B. Kopfbewegungen, Tätigkeiten, Lärm)?

- Ja  Nein

Wenn ja, welche: .....

8) Kündigt sich der Schwindel durch Vorboten (z. B. Ohrdruck, Pfeifen, Schmerzen) an?

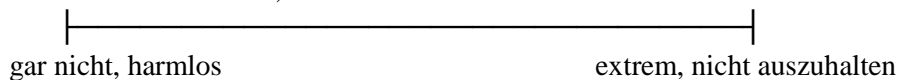
- Ja  Nein

Wenn ja, welche: .....

9) Welche Begleitsymptome treten auf?

- keine  Hörminderung  
 Ohrgeräusche  Übelkeit, Erbrechen  
 Kopfschmerzen  Angst  
 Schwitzen  Sonstige, nämlich.....

10) Wie stark leiden Sie unter dem Schwindel, der seit der Operation aufgetreten ist? (*Bitte mit senkrechtem Strich markieren!*)



Bemerkungen: .....

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

Datum: .....

Unterschrift: .....

**Abbildung A.3: Fragebogen zu Schwindelsymptomen bei Erstanpassung**

1) Haben oder hatten Sie **seit dem letzten Fragebogen** Schwindel oder Gleichgewichtsstörungen?

Ja

Nein

2) Hat sich der Schwindel oder die Gleichgewichtsstörungen seit dem letzten Fragebogen verändert?

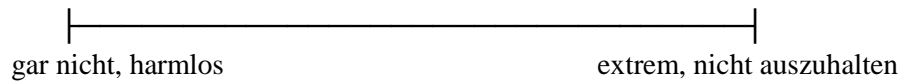
Schwindel hat sich verstärkt

Schwindel ist gleich geblieben

Schwindel hat sich verringert

kein Schwindel mehr seit:...

3) Wie stark leiden Sie unter dem Schwindel? (*Bitte mit senkrechtem Strich markieren!*)



Bemerkungen: .....

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

Datum: .....

Unterschrift: .....

**Abbildung A. 4: Fragebogen zu Schwindelsymptomen vor einer Parotis Operation**

1) Haben Sie Schwindel oder Gleichgewichtsstörungen?

- Ja  Nein (*fertig mit dem Fragebogen*)

2) Seit wann leiden Sie unter Schwindel oder Gleichgewichtsstörungen (z.B. 5 Monate, 2 Jahre...)?

3) Welche Qualität hat der Schwindel bzw. die Gleichgewichtsstörung?

- Drehschwindel  Schwankschwindel  
 Liftgefühl  allgemeines Unsicherheitsgefühl

4) Wie oft tritt das Schwindelgefühl auf?

- Dauerschwindel (*weiter Frage 8*)  täglich  
 wöchentlich  monatlich  
 mehrmals im Jahr  sehr unregelmäßig

5) Wie lange hält der Schwindel an?

- Sekunden  Minuten  
 Stunden  Tage  
 Wochen

6) Gibt es Auslöser für den Schwindel (z. B. Kopfbewegungen, Tätigkeiten, Lärm)?

- Ja  Nein

Wenn ja, welche: .....

7) Kündigt sich der Schwindel durch Vorboten (z. B. Ohrdruck, Pfeifen, Hörminderung) an?

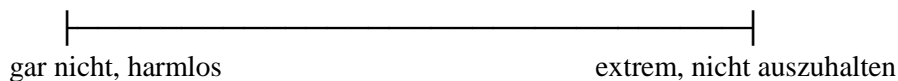
- Ja  Nein

Wenn ja, welche: .....

8) Welche Begleitsymptome treten auf?

- keine  Hörminderung  
 Ohrgeräusche  Übelkeit, Erbrechen  
 Kopfschmerzen  Angst  
 Schwitzen  Sonstige, nämlich.....

9) Wie stark leiden Sie unter dem Schwindel? (*Bitte mit senkrechtem Strich markieren!*)



Bemerkungen: .....

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

Datum: .....

Unterschrift: .....

**Abbildung A.5: Fragebogen zu Schwindelsymptomen eine Woche nach der Parotis Operation**

1) Haben Sie oder leiden Sie seit der Parotis-Operation unter einem Schwindel oder Gleichgewichtsstörungen?

- Ja  Nein (*fertig mit dem Fragebogen*)

2) Falls Sie bereits vor der Parotis-Operation Schwindel oder Gleichgewichtsstörungen hatten, haben sich diese verändert?

- Schwindel hat sich verstärkt  Schwindel ist gleich geblieben  
 Schwindel hat sich verringert

3) Wann trat der Schwindel erstmalig nach der Operation auf (bzw. hat sich verstärkt)?

- direkt nach OP  am 1. Tag nach der OP  
 am 2. Tag nach der Operation  später

4) Welche Qualität hat der Schwindel bzw. die Gleichgewichtsstörung nach der Operation?

- Drehschwindel  Schwankschwindel  
 Liftgefühl  allgemeines Unsicherheitsgefühl

5) Handelt es sich um Dauer- oder Attackenschwindel?

- Dauerschwindel (*weiter Frage 9*)  Attackenschwindel

6) Wie lange hält der Attackenschwindel an?

- Sekunden  Minuten  
 Stunden  sehr unterschiedlich

7) Gibt es Auslöser für den Schwindel (z. B. Kopfbewegungen, Tätigkeiten, Lärm)?

- Ja  Nein

Wenn ja, welche: .....

8) Kündigt sich der Schwindel durch Vorboten (z. B. Ohrdruck, Pfeifen, Schmerzen) an?

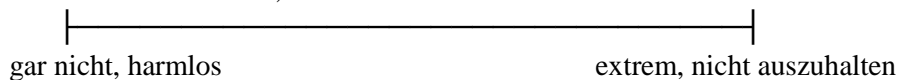
- Ja  Nein

Wenn ja, welche: .....

9) Welche Begleitsymptome treten auf?

- keine  Hörminderung  
 Ohrgeräusche  Übelkeit, Erbrechen  
 Kopfschmerzen  Angst  
 Schwitzen  Sonstige, nämlich.....

10) Wie stark leiden Sie unter dem Schwindel, der seit der Operation aufgetreten ist? (*Bitte mit senkrechtem Strich markieren!*)



Bemerkungen: .....

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

Datum: .....

Unterschrift: .....

**Tabelle 4.1 Altersverteilung beider Geschlechter**

Alter am Tag der Operation (Jahre)	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Minimum	Maximum
<b>Patientenkollektiv</b>	57,08	59,0	17,53	14	87
<b>Männer</b>	58,18	59,0	16,77	14	83
<b>Frauen</b>	55,66	59,0	18,57	16	87

**Tabelle 4.2 Tests auf Normalverteilung des Alters**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistik	Df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
Alter	,089	101	,046	,943	101	,000

a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

**Tabelle 4.3 Häufigkeit von Schwindel präoperativ**

Schwindel präoperativ	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
Nein	42	41,6	49,4
Gültig Ja	43	42,6	50,6
Gesamt	85	84,2	100,0
Fehlend System	16	15,8	
Gesamt	101	100,0	

**Tabelle 4.4 Häufigkeit von Schwindel eine Woche postoperativ**

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
Nein	44	43,6	57,1
Gültig Ja	33	32,7	42,9
Gesamt	77	76,2	100,0
Fehlend System	24	23,8	
Gesamt	101	100,0	

**Tabelle 4.5 Häufigkeit von Schwindel bei Erstanpassung**

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
Nein	30	29,7	65,2
Gültig Ja	16	15,8	34,8
Gesamt	46	45,5	100,0
Fehlend System	55	54,5	
Gesamt	101	100,0	

**Tabelle 4.6 Kreuztabelle: Schwindel präoperativ – Schwindel eine Woche postoperativ**

		Schwindel präoperativ		Gesamt
		Nein	Ja	
Schwindel eine Woche postoperativ	nein	24	18	42
	Ja	12 (33%)	21	33
Gesamt		36	39	75

**Tabelle 4.7 Kreuztabelle: Schwindel präoperativ – Schwindel bei Erstanpassung**

		Schwindel präoperativ		Gesamt
		nein	Ja	
Schwindel bei EA	nein	14	13	27
	ja	3 18%	12	15
Gesamt		17	25	42

**Tabelle 4.8 Kreuztabelle: Horizontaler SPN präoperativ – bei Erstanpassung**

		Horizontaler SPN präoperativ			Gesamt
		keinen	zur nicht implantierten Seite	zur CI-Seite	
Horizontaler SPN bei EA	Keinen	44	3	6	53
	zur nicht implantierten Seite	1	5	0	6
	zur CI-Seite	4	0	0	4
Gesamt		49	8	6	63

**Tabelle 4.9 Kreuztabelle: Vertikaler SPN präoperativ – bei Erstanpassung**

		Vertikaler SPN präoperativ			Gesamt
		keinen	Up beats	down beats	
Vertikaler SPN bei EA	Keinen	51	1	1	53
	Up beats	3 (5%)	1	0	4
	down beats	2 (4%)	0	2	4
Gesamt		56	2	3	61

**Tabelle 4.10 Messwerte GLP der CI-Seite präoperativ**

Messwerte Kalorik der CI-Seite (°/s) präoperativ

N	Gültig	81
	Fehlend	20
Mittelwert		25,255
Median		18,900
Standardabweichung		22,5629
Minimum		,0
Maximum		120,5

**Tabelle 4.11 Messwerte GLP der CI-Seite bei Erstanpassung**

Messwerte GLP der CI-Seite (°/s) bei EA

N	Gültig	63
	Fehlend	38
Mittelwert		13,123
Median		9,700
Standardabweichung		12,7994
Minimum		,0
Maximum		68,6



**Tabelle 4.12 Tests auf Normalverteilung der GLP präoperativ und bei Erstanpassung**

Tests auf Normalverteilung						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistik	Df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
GLP CI-Seite präoperativ	,132	81	,001	,878	81	,000
GLP CI-Seite bei Erstanpassung	,153	63	,001	,825	63	,000

a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

**Tabelle 4.13 Quantitative Werte der Kalorik der CI-Seite präoperativ**

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
Überschießend	6	5,9	7,4
Normal	41	40,6	50,6
Gültig Untererregt	13	12,9	16,0
Ausfall	21	20,8	25,9
Gesamt	81	80,2	100,0
Fehlend System	20	19,8	
Gesamt	101	100,0	

**Tabelle 4.14 Quantitative Werte der Kalorik der CI-Seite postoperativ**

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
Überschießend	1	1,0	1,6
Normal	17	16,8	26,6
Gültig Untererregt	20	19,8	31,3
Ausfall	26	25,7	40,6
Gesamt	64	63,4	100,0
Fehlend System	37	36,6	
Gesamt	101	100,0	

**Tabelle 4.15 Kreuztabelle: Kalorik quantitative Werte präoperativ - postoperativ**

		Kalorik CI-Seite (quantitativ) präoperativ				Gesamt
		überschießend	normal	untererregt	Ausfall	
Kalorik CI-Seite (quantitativ) bei EA	Überschießend	0	1 (3%)	0	0	1
	Normal	3	12 (41%)	1	0	16
	Untererregt	1	13 (45%)	5	0	19
	Ausfall	0	3 (10%)	4	19	26
Gesamt		4	29	10	19	62

**Tabelle 4.16 Messwerte GLP der nicht CI-Seite präoperativ**

Messwerte Kalorik der nicht CI-Seite (°/s) präoperativ

N	Gültig	79
	Fehlend	22
Mittelwert		28,209
Median		23,500
Standardabweichung		23,9682
Minimum		,0
Maximum		130,8

**Tabelle 4.17 Messwerte GLP der nicht CI-Seite bei Erstanpassung**

Messwerte GLP der nicht CI-Seite (°/s) bei EA

N	Gültig	67
	Fehlend	34
Mittelwert		24,537
Median		17,900
Standardabweichung		21,1136
Minimum		,0
Maximum		107,0

**Tabelle 4.18 Tests auf Normalverteilung der GLP der nicht implantierten Seite präoperativ und bei Erstanpassung**

Tests auf Normalverteilung						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistik	Df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
GLP nicht CI-Seite präoperativ	,120	79	,007	,881	79	,000
GLP nicht CI-Seite bei Erstanpassung	,154	67	,000	,891	67	,000

a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

**Tabelle 4.19 Quantitative Werte der Kalorik der nicht CI-Seite präoperativ**

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
Gültig	Überschießend	19	18,8	24,1
	Normal	40	39,6	50,6
	Untererregt	7	6,9	8,9
	Ausfall	13	12,9	16,5
	Gesamt	79	78,2	100,0
Fehlend	System	22	21,8	
Gesamt		101	100,0	

**Tabelle 4.20 Quantitative Werte der Kalorik der nicht CI-Seite postoperativ**

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	
Gültig	Überschießend	14	13,9	20,9
	Normal	32	31,7	47,8
	Untererregt	7	6,9	10,4
	Ausfall	14	13,9	20,9
	Gesamt	67	66,3	100,0
Fehlend	System	34	33,7	
Gesamt		101	100,0	

**Tabelle 4.21 Qualitative Werte der Kalorik im Seitenvergleich präoperativ**

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	
Gültig	seitengleich regelrecht	38	37,6	46,9
	Seitendiff. zu Ungunsten der nicht implantierten Seite	13	12,9	16,0
	Seitendiff. zu Ungunsten der CI-Seite	21	20,8	25,9
	Ausfall beidseits	9	8,9	11,1
	Gesamt	81	80,2	100,0
Fehlend	System	20	19,8	
Gesamt		101	100,0	

**Tabelle 4.22 Qualitative Werte der Kalorik im Seitenvergleich postoperativ**

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	
Gültig	seitengleich regelrecht	12	11,9	18,8
	Seitendiff. zu Ungunsten der nicht implantierten Seite	6	5,9	9,4
	Seitendiff. zu Ungunsten der CI-Seite	36	35,6	56,3
	Ausfall beidseits	10	9,9	15,6
	Gesamt	64	63,4	100,0
Fehlend	System	37	36,6	
Gesamt		101	100,0	

**Tabelle 4.23 Kreuztabelle: Kalorik Seitenvergleich präoperativ – Kalorik Seitenvergleich bei Erstanpassung**

		Kalorik Seitenvergleich präoperativ				Gesamt
		seitengleich regelrecht	Seitendiff. zu Ungunsten der nicht implantierten Seite	Seitendiff. zu Ungunsten der CI-Seite	Ausfall bds.	
Kalorik Seitenvergleich postoperativ	seitengleich regelrecht	5 (19%)	5	1	0	11
	Seitendiff. zu Ungunsten der nicht implantierten Seite	1 (4%)	4	1	0	6
	Seitendiff. zu Ungunsten der CI-Seite	20 (77%)	1	13	1	35
	Ausfall beidseits	0	1	1	8	10
Gesamt		26	11	16	9	62

**Tabelle 4.24 Gruppenvergleich Kalorik präoperativ**

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
Gültig	Gr.1	51	50,5	63,0
	Gr.2	30	29,7	<b>37,0</b>
	Gesamt	81	80,2	100,0
Fehlend	System	20	19,8	
Gesamt		101	100,0	

**Tabelle 4.25 Gruppenvergleich Kalorik postoperativ**

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
Gültig	Gr.1	18	17,8	28,1
	Gr.2	46	45,5	<b>71,9</b>
	Gesamt	64	63,4	100,0
Fehlend	System	37	36,6	
Gesamt		101	100,0	

**Tabelle 4.26 Kreuztabelle: Gruppenvergleich Kalorik präoperativ - postoperativ**

		Kalorik Gruppen präoperativ		Gesamt
		Gr.1	Gr.2	
Kalorik Gruppen postoperativ	Gr.1	15	2	17
	Gr.2	22	23	45
Gesamt		37	25	62

**Tabelle 4.27 Chi-Quadrat-Test: Kalorikvergleich der Gruppen**

	Wert	Df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	7,938	1	,005

**Tabelle 4.28 Messwerte der VEMP des CI-Ohres präoperativ – postoperativ**

		VEMPCI-Ohr präoperativ	VEMPCI-Ohr bei EA
N	Gültig	75	75
	Fehlend	26	26
Mittelwert		11,984	3,593
Median		3,500	,000
Standardabweichung		18,1266	8,3701
Minimum		,0	,0
Maximum		73,5	44,5

**Tabelle 4.29 Messwerte der VEMP des nicht CI-Ohres präoperativ – postoperativ**

		VEMP nicht CI-Ohr präoperativ	VEMP nicht CI-Ohr bei EA
N	Gültig	73	76
	Fehlend	28	25
Mittelwert		11,507	11,034
Median		6,000	1,000
Standardabweichung		15,7171	19,2167
Minimum		,0	,0
Maximum		82,1	106,0

**Tabelle 4.30 Tests auf Normalverteilung: VEMP CI-Ohr**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
VEMP CI-Ohr präoperativ	,254	75	,000	,708	75	,000
VEMP CI-Ohr bei EA	,373	75	,000	,495	75	,000

a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

**Tabelle 4.31 Tests auf Normalverteilung: VEMP nicht CI-Ohr**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistik	Df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
VEMP nicht CI-Ohr präoperativ	,232	73	,000	,755	73	,000
VEMP nicht CI-Ohr bei Erstanpassung	,283	76	,000	,619	76	,000

a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

**Tabelle 4.32 Kreuztabelle: VEMP CI-Ohr präoperativ-postoperativ**

		VEMP CI-Ohr präoperativ		Gesamt
		nein	Ja	
VEMP CI-Ohr postoperativ	Nein	30	15(44%)	45
	Ja	0	19 (56%)	19
Gesamt		30	34	64

**Tabelle 4.33 Chi-Quadrat-Test: VEMP CI-Ohr präoperativ-postoperativ**

	Wert	Df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (1-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	23,843 <sup>a</sup>	1	,000		

a. 0 Zellen (0,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 10,03.

**Tabelle 4.34 Kreuztabelle: VEMP nicht CI-Ohr präoperativ-postoperativ**

		VEMP nichtCI-Ohr präoperativ		Gesamt
		nein	ja	
VEMP nicht CI-Ohr postoperativ	nein	27	8 (22%)	35
	ja	1	29 (78%)	30
Gesamt		28	37	65

**Tabelle 4.35 Chi-Quadrat-Test: VEMP nicht CI-Ohr präoperativ-postoperativ**

	Wert	Df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (1-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	35,890 <sup>a</sup>	1	,000		

a. 0 Zellen (0,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 12,76.

**Tabelle 4.36 Abweichungen von der SVV präoperativ - postoperativ**

		SVV präoperativ	SVV bei EA
N	Gültig	35	27
	Fehlend	66	74
Mittelwert		0,204	0,252
Median		0,125	0,500
Standardabweichung		1,6189	1,5942
Minimum		-2,6	-5,0
Maximum		4,2	3,0

**Tabelle 4.37 SVV im Seitenvergleich präoperativ**

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
Gültig	seitengleich regelrecht	28	27,7	80,0
	Seitendiff. zu Ungunsten der nicht implantierten Seite	3	3,0	8,6
	Seitendiff. zu Ungunsten der CI-Seite	4	4,0	11,4
	Gesamt	35	34,7	100,0
Fehlend	System	66	65,3	
Gesamt		101	100,0	

**Tabelle 4.38 SVV im Seitenvergleich bei Erstanpassung**

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
Gültig	seitengleich regelrecht	21	20,8	77,8
	Seitendiff. zu Ungunsten der nicht implantierten Seite	5	5,0	18,5
	Seitendiff. zu Ungunsten der CI-Seite	1	1,0	3,7
	Gesamt	27	26,7	100,0
Fehlend	System	74	73,3	
Gesamt		101	100,0	

**Tabelle 4.39 Kreuztabelle: SVV im Seitenvergleich präoperativ - postoperativ**

		SVV Seitenvergleich präoperativ			Gesamt
		seitengleich regelrecht	Seitendiff. zu Ungunsten der nicht implantiertenSeite	Seitendiff. zu Ungunsten der CI-Seite	
SVV Seitenvergleich bei EA	seitengleich regelrecht	17	2	4	23
	Seitendiff. zu Ungunsten der "gesunden" Seite	5	0	0	5
	Seitendiff. zu Ungunsten der CI-Seite	1	0	0	1
Gesamt		23	2	4	29

**Tabelle 4.40 Gruppenvergleich der SVV präoperativ**

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
Gültig	Gr.1	31	30,7	88,6
	Gr.2	4	4,0	11,4
	Gesamt	35	34,7	100,0
Fehlend	System	66	65,3	
Gesamt		101	100,0	

**Tabelle 4.41 Gruppenvergleich der SVV postoperativ**

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
Gültig	Gr.1	26	25,7	96,3
	Gr.2	1	1,0	3,7
	Gesamt	27	26,7	100,0
Fehlend	System	74	73,3	
Gesamt		101	100,0	

**Tabelle 4.42 Statistik Elektrodeninsertionstiefe**

Insertionstiefe (°)		
N	Gültig	94
	Fehlend	7
Mittelwert		528,97
Median		557,00
Standardabweichung		146,356
Minimum		252
Maximum		790

**Tabelle 4.43 Tests auf Normalverteilung: Elektrodeninsertionstiefe**

	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
	Statistik	Df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
Insertionstiefe	,120	94	,002	,932	94	,000

a Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

**Tabelle 4.44 Gruppenstatistik: Insertionstiefe bei Schwindel bei Erstanpassung**

	Schwindel bei EA	N	Mittelwert	Standardfehler des Mittelwertes	Median	Standardabweichung
Insertionstiefe	Nein	26	475,62	27,938	407,00	142,458
	Ja	15	444,67	35,362	390,00	136,958

**Tabelle 4.45 Korrelation zwischen der Elektrodeninsertionstiefe und Schwindel postoperativ**

			Schwindel bei EA
<b>Spearman-Rho</b>	Elektrodeninsertionstiefe (°)	Korrelationskoeffizient	-0,231
		Signifikanz (2-seitig)	0,407
		Anzahl	15

**Tabelle 4.46 Gruppenvergleich der Insertionstiefe**

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
Gültig	Gr.1	42	41,6	44,7
	Gr.2	52	51,5	55,3
	Gesamt	94	93,1	100,0
Fehlend	System	7	6,9	
Gesamt		101	100,0	



**Tabelle 4.47 Kreuztabelle: Gruppenvergleich der Elektrodeninsertionstiefe – Schwindel bei Erstanpassung**

		Schwindel bei EA		Gesamt
		nein	ja	
Elektrodeninsertion	Gr.1	17	10 67%	27
	Gr.2	9	5 33%	14
Gesamt		26	15	41

**Tabelle 4.48 Chi-Quadrat-Test: Gruppenvergleich Elektrodeninsertionstiefe – Schwindel bei Erstanpassung**

	Wert	Df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (1-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	,007 <sup>a</sup>	1	,934		

a. 0 Zellen (0,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 5,12.

**Tabelle 4.49 Gruppenstatistik: Insertionstiefe – Horizontaler SPN postoperativ**

	Horizontaler SPN bei EA	N	Mittelwert	Standardfehler des Mittelwertes	Median	Standardabweichung
Insertionstiefe	kein SPN	53	503,53	20,557	484,00	149,660
	SPN	9	567,89	54,087	610,00	162,262

**Tabelle 4.50 Gruppenstatistik: Elektrodeninsertionstiefe – Vertikaler SPN postoperativ**

	Vertikaler SPN bei EA	N	Mittelwert	Standardfehler des Mittelwertes	Median	Standardabweichung
Insertionstiefe	kein SPN	53	506,90	20,992	484,00	152,821
	SPN	8	537,38	57,769	582,00	163,394

**Tabelle 4.51 Gruppenvergleich der Kalorikgruppen und der Elektrodeninsertionstiefe**

	Gruppenvergleich Kalorik bei EA	N	Mittelwert	Standardfehler des Mittelwertes	Median	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Elektrodeninsertionstiefe (°)	Gr.1	14	466,50	34,050	425,00	127,403	327	668
	Gr.2	33	506,61	26,175	484,00	150,361	252	727

**Tabelle 4.52 Korrelation: Elektrodeninsertionstiefe - Gemessene GLP postoperativ**

			Gemessene GLP CI-Seite postoperativ (°/s)
<b>Pearson</b>	Elektrodeninsertionstiefe (°)	Korrelationskoeffizient	0,015
		Signifikanz (2-seitig)	0,920
		Anzahl	47

**Tabelle 4.53 Gruppenstatistik: Elektrodeninsertionstiefe – VEMP CI-Ohr postoperativ**

	VEMP CI- Ohr bei EA	N	Mittel wert	Standar dabweic hung	Media n	Standar dabweic hung	Mini mu m	Maxi mu m
Elektrodenin sertionstiefe (°)	Ja	17	492,8 2	31,631	484,0 0	130,417	322	701
	Nein	14	526,7 9	43,266	523,5 0	161,888	319	790

**Tabelle 4.54 Korrelation zwischen der Elektrodeninsertionstiefe – VEMP CI-Ohr bei Erstanpassung**

			VEMP CI- Ohr bei EA (µV)
<b>Spearman- Rho</b>	Elektrodeninsertionstiefe (°)	Korrelationskoeffizient	-0,54
		Signifikanz (2-seitig)	0,773
		Anzahl	31

**Tabelle 4.55 Gruppenstatistik: Elektrodeninsertionstiefe – SVV-Gruppen bei EA**

	SVV – Gruppen bei EA	N	Mittel wert	Standar dabweic hung	Med ian	Standar dabweic hung	Mini mu m	Maxi mu m
Elektrodenin sertionstiefe (°)	Normal	1 4	447,86	38,523	401, 00	144,139	314	790
	Pathologi sch	6	489,67	69,033	437, 00	169,096	319	701

**Tabelle 4.56 Korrelation zwischen der Elektrodeninsertionstiefe – Abweichungen von der SVV bei Erstanpassung**

			<b>Gemessene Abweichung der SVV bei EA (°)</b>
<b>Pearson</b>	Elektrodeninsertionstiefe (°)	Korrelationskoeffizient	0,387
		Signifikanz (2-seitig)	0,092
		Anzahl	20

**Tabelle 4.57 Implantationsrate des Elektrodendesigns**

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozent
Gültig	CI24RECA	52	51,5	56,5
	Standard	17	16,8	18,5
	Flex28	12	11,9	13,0
	CI422	4	4,0	4,3
	Flexsoft	4	4,0	4,3
	Compressed	1	1,0	1,1
	CI24REST	2	2,0	2,2
	Gesamtsumme	92	91,1	100,0
Fehlend	System	9	8,9	
Gesamtsumme		101	100,0	

**Tabelle 4.58 Kreuztabelle: Elektrodendesign – Schwindel eine Woche postoperativ**

		Schwindel eine Woche postoperativ		Gesamt
		Nein	ja	
Elektrodendesign	CI24RECA	18	6	24
	Standard	1	2	3
	Flex28	3	1	4
Gesamt		22	9	31

**Tabelle 4.59 Kreuztabelle: Elektrodendesign – Schwindel bei Erstanpassung**

		Schwindel bei EA		Gesamt
		Nein	ja	
Elektrodendesign	CI24RECA	10	2	12
	Standard	1	1	2
	Flex28	1	0	1
Gesamt		12	3	15

**Tabelle 4.60 Kreuztabelle: Elektrodendesign – Kalorik Seitenvergleich postoperativ**

		Kalorik im Seitenvergleich (qualitativ) bei EA				Gesamt
		seitengleich regelrecht	Seitendifferenz zu Ungunsten der gesunden Seite	Seitendifferenz zu Ungunsten der CI-Seite	Ausfall bds.	
Elektrodendesign	CI24RECA	9	4	18	4	35
	Standard	0	0	1	0	1
	Flex28	0	0	2	0	2
	CI422	0	0	3	0	3
	Flexsoft	1	0	2	0	3
	CI24REST	0	1	0	0	1
Gesamt		10	5	26	4	45

**Tabelle 4.61 Kreuztabelle: Elektrodendesign – VEMP CI-Ohr postoperativ**

		VEMP CI-Ohr bei EA		Gesamt
		nein	Ja	
Elektrodendesign	CI24RECA	10	12	22
	Standard	2	1	3
	Flex28	3	1	4
	CI422	0	1	1
	Flexsoft	0	4	4
Gesamt		15	19	34

**Tabelle 4.62 Kreuztabelle: Elektrodendesign – SVV im Seitenvergleich postoperativ**

		SVV Seitenvergleich bei EA			Gesamt
		seitengleich regelrecht	Seitendiff. zu Ungunsten der nicht implantierten Seite	Seitendiff. zu Ungunsten der CI-Seite	
Elektrodendesign	CI24RECA	9	3	0	12
	Standard	1	0	0	1
	Flex28	1	0	0	1
	CI422	1	1	0	2
	Flexsoft	1	0	1	2
	CI24REST	1	0	0	1
Gesamt		14	4	1	19

Tabelle 4.63 Insertionstiefe der verschiedenen Elektroden

	N	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Minimum	Maximum
CI24RECA	49	480,00	412,00	148,619	252	757
Standard	17	651,82	681,00	103,468	375	790
Flex28	11	532,82	548,00	88,087	370	675
CI422	4	448,75	449,00	32,500	413	484
Flexsoft	3	638,00	653,00	71,687	560	701
CI24REST	2	320,50	320,50	9,192	314	327

Tabelle 4.64 Elektrodeninsertionstiefe (°) der CI24RECA-Elektrode in Abhängigkeit der verschiedenen Operateure

	N	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Operateur1	11	376,36	385,00	28,772	322	412
Operateur2	9	341,56	333,00	43,255	276	416
Operateur3	20	546,20	570,50	142,529	252	751
Operateur4	0	0	0	0	0	0
Operateur5	6	669,67	686,00	75,511	536	757
Operateur6	3	454,67	438,00	114,910	349	577

Tabelle 4.65 Elektrodeninsertionstiefe (°) der Standard-Elektrode in Abhängigkeit der verschiedenen Operateure

	N	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Operateur1	4	650,00	649,00	43,780	608	694
Operateur2	2	663,50	663,50	74,246	611	716
Operateur3	0	0	0	0	0	0
Operateur4	11	650,36	682,00	126,379	375	790
Operateur5	0	0	0	0	0	0
Operateur6	0	0	0	0	0	0

Tabelle 4.66 Elektrodeninsertionstiefe (°) der Flex28-Elektrode in Abhängigkeit der verschiedenen Operateure

	N	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Operateur1	2	457,50	457,50	33,234	434	481
Operateur2	0	0	0	0	0	0
Operateur3	0	0	0	0	0	0
Operateur4	9	549,56	568,00	88,475	370	675
Operateur5	0	0	0	0	0	0
Operateur6	0	0	0	0	0	0

**Tabelle 4.67 Elektrodeninsertionstiefe (°) der CI422-Elektrode in Abhängigkeit der verschiedenen Operateure**

	N	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Minimum	Maximum
<b>Operateur1</b>	1	467	467	0	467	467
<b>Operateur2</b>	2	448,50	448,50	50,205	413	484
<b>Operateur3</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Operateur4</b>	1	431	431	0	431	431
<b>Operateur5</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Operateur6</b>	0	0	0	0	0	0

**Tabelle 4.68 Elektrodeninsertionstiefe (°) der Flexsoft-Elektrode in Abhängigkeit der verschiedenen Operateure**

	N	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Minimum	Maximum
<b>Operateur1</b>	1	560	560	0	560	560
<b>Operateur2</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Operateur3</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Operateur4</b>	2	677	677	33,941	653	701
<b>Operateur5</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Operateur6</b>	0	0	0	0	0	0

**Tabelle 4.69 Gruppenstatistik: Alter – Schwindel eine Woche postoperativ**

	Schwindel eine Woche postoperativ	N	Mittelwert	Standardfehler des Mittelwertes	Median	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Alter	nein	24	47,71	4,288	53,00	21,006	14	74
	ja	12	66,17	3,546	63,50	12,283	48	83

**Tabelle 4.70 Gruppenstatistik: Alter – Schwindel bei Erstanpassung**

	Schwindel bei Erstanpassung	N	Mittelwert	Standardfehler des Mittelwertes	Median	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Alter	nein	14	51,00	5,738	52,00	21,469	14	83
	ja	3	66,33	6,173	72,00	10,693	54	73

**Tabelle 4.71 Kreuztabelle: Geschlecht – Schwindel eine Woche postoperativ**

		Schwindel eine Woche postoperativ		Gesamt
		nein	Ja	
Geschlecht	Männlich	25	9	34
	weiblich	21	4	25
Gesamt		46	13	59

**Tabelle 4.72 Chi-Quadrat-Test: Geschlecht – Schwindel eine Woche postoperativ**

	Wert	Df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (1-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	,919 <sup>a</sup>	1	,338		

a. 0 Zellen (0,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 5,51.

**Tabelle 4.73 Kreuztabelle: Geschlecht – Schwindel bei Erstanpassung**

		Schwindel bei EA		Gesamt
		nein	Ja	
Geschlecht	Männlich	9	3	12
	weiblich	5	0	5
Gesamt		14	3	17

**Tabelle 4.74 Kreuztabelle: Schwindel präoperativ – Schwindel eine Woche postoperativ**

		Schwindel eine Woche postoperativ		Gesamtsumme
		nein	ja	
Schwindel präoperativ	Nein	24	12	36
	Ja	18	21	39
Gesamtsumme		42	33	75

**Tabelle 4.75 Häufigkeit der Implantat-Seiten**

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
Gültig	rechts	54	53,5	53,5
	links	47	46,5	46,5
	Gesamt	101	100,0	100,0

**Tabelle 4.76 Kreuztabelle: Implantat-Seite – Schwindel eine Woche postoperativ**

		Schwindel eine Woche postoperativ		Gesamt
		Nein	ja	
CI-Seite	rechts	8	6	14
	links	16	6	22
Gesamt		24	12	36

**Tabelle 4.77 Kreuztabelle: Implantat-Seite – Schwindel bei Erstanpassung**

		Schwindel bei EA		Gesamt
		nein	ja	
CI- Seite	rechts	7	2	9
	links	7	1	8
Gesamt		14	3	17

**Tabelle 4.78 Häufigkeit der Implantat-Hersteller**

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
Gültig	Cochlear	58	57,4	58,0
	MED-EL	42	41,6	42,0
	Gesamt	100	99,0	100,0
Fehlend	System	1	1,0	
Gesamt		101	100,0	

**Tabelle 4.79 Kreuztabelle: Implantat-Hersteller – Schwindel eine Woche postoperativ**

		Schwindel eine Woche postoperativ		Gesamt
		Nein	ja	
Implantat-Hersteller	Cochlear	18	6	24
	MED-EL	6	6	12
Gesamt		24	12	36

**Tabelle 4.80 Kreuztabelle: Implantat-Hersteller – Schwindel bei Erstanpassung**

		Schwindel bei EA		Gesamt
		nein	ja	
Implantat-Hersteller	Cochlear	10	2	12
	MED-EL	4	1	5
Gesamt		14	3	17

**Tabelle 4.81 Kreuztabelle: Operateure – Schwindel eine Woche postoperativ**

		Schwindel eine Woche postoperativ		Gesamt
		nein	ja	
Operateur	Operateur1	6	1	7
	Operateur2	3	1	4
	Operateur3	7	2	9
	Operateur4	3	3	6
	Operateur5	3	5	8
	Operateur6	2	0	2
Gesamt		24	12	36

**Tabelle 4.82 Kreuztabelle: Operateure – Schwindel bei Erstanpassung**

		Schwindel bei EA		Gesamt
		nein	Ja	
Operateur	Operateur1	6	0	6
	Operateur2	3	2	5
	Operateur3	3	0	3
	Operateur4	2	1	3
Gesamt		14	3	17



**Tabelle 4.84 Altersverteilung der Geschlechter**

<b>Alter am Tag der Operation (Jahre)</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>Median</b>	<b>Standardabweichung</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>
<b>Patientenkollektiv</b>	56,96	58,50	17,12	20	80
<b>Männer</b>	55,64	56,50	17,56	20	74
<b>Frauen</b>	58,80	61,50	17,23	33	80

## **Eidesstattliche Versicherung**

Skreinig geb. Mertes, Lynn

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

### **Einfluss der Elektrodeninsertionstiefe auf Gleichgewichtsstörungen bei Patienten mit Cochlea Implantation**

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

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

München, 06.10.2016

Lynn Skreinig geb. Mertes