

**Rehabilitation der einseitigen Ertaubung  
mit einem Cochlea-Implantat  
Auswirkungen auf Hören und Tinnitus**

Limberger A.<sup>1</sup>, Hillinger E.<sup>1</sup>, Däxle S.<sup>2</sup>, Lang K.<sup>2</sup>,  
Maier H.<sup>2</sup>, und Tisch M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Studiengang Augenoptik/Augenoptik und Hörakustik  
Hochschule Aalen

<sup>2</sup>Klinik und Poliklinik für HNO-Heilkunde / Kopf – und Halschirurgie  
Bundeswehrkrankenhaus Ulm  
(Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. H. Maier)

**Korrespondenzadressen:**

|  |   |
|--|---|
| Prof. Dr. med. Annette Limberger<br>Hochschule Aalen<br>Studiengang Augenoptik und Hörakustik<br>Anton-Huber-Str. 23<br>73430 Aalen<br>Tel.: 07361 – 576 4605<br>Fax: 07361 – 576 4685<br>E-Mail: <a href="mailto:annette.limberger@htw-aalen.de">annette.limberger@htw-aalen.de</a> | Prof. Dr. med. Matthias Tisch, OFA<br>Leiter der Poliklinik<br>Klinik und Poliklinik für HNO-Heilkunde,<br>Kopf- und Halschirurgie<br>Bundeswehrkrankenhaus Ulm<br>Oberer Eselsberg 40<br>89081 Ulm<br>Tel.: 0731-1710-1510<br>Fax: 0731-552767<br>Mail: <a href="mailto:matthias.tisch@hals-nasen-ohren.net">matthias.tisch@hals-nasen-ohren.net</a> |
|--|---|

# **Zusammenfassung**

## **Hintergrund**

Das Cochlea-Implantat (CI) hat sich in den letzten Jahren zunehmend für die Versorgung von einseitig ertaubten Menschen mit und ohne Tinnitus als erfolgreich herausgestellt. In den letzten 12 Monaten wurden in der HNO Klinik am Bundeswehrkrankenhaus Ulm insgesamt 11 Patienten mit einseitiger Ertaubung und Tinnitus mit Cochlea-Implantaten versorgt. Im Rahmen der Studie wurden sowohl die Auswirkungen der Versorgung auf die Sprachverständlichkeit und das Richtungsgehör, als auch auf Tinnitus und allgemeine Akzeptanz untersucht.

## **Material und Methoden**

11 Patienten mit einseitiger Taubheit und Tinnitus wurden in die Studie aufgenommen und untersucht. Untersucht wurden die Patienten mittels Freiburger Sprachverständlichkeitstest in Ruhe, OISa, HSM-Satztest und Lokalisation im Freifeld. Zudem wurde eine subjektive Zufriedenheit erfasst. Die Tinnitus-Evaluation erfolgte mittels VAS und STI.

## **Ergebnisse**

Bei allen 11 Patienten konnte ein Hörerfolg durch das CI festgestellt werden. Der bei allen Probanden präoperativ bestehende Tinnitus konnte mittels des CI bei fast allen auf ein Minimum reduziert werden und war das in dieser Publikation im Vordergrund stehende Ergebnis.

## **Schlussfolgerung**

Durch eine CI-Versorgung nach einseitiger Ertaubung konnte bei fast allen Patienten ein zusätzlich vorhandener Tinnitus annähernd komplett kompensiert werden. Auch hinsichtlich der Sprachverständlichkeit im Störgeräusch und der Lokalisation erwies sich für jede Altersgruppe das CI als erfolgreich, bei der eine Ertaubungsdauer von weniger als 10 Jahren vorlag.

Schlüsselwörter: Cochlea-Implantat, Tinnitus, einseitige Taubheit (SSD)

## **Abstract**

### **Background**

In recent years, cochlear implants (CI) have been successfully used in the treatment of patients suffering from single-sided deafness with or without tinnitus. Eleven patients with single-sided deafness and tinnitus received cochlear implants at the Department of Otolaryngology of the Federal Armed Forces Hospital in Ulm over the past twelve months. We conducted this study in order to investigate the effects of cochlear implants on speech perception, sound localisation, the level of tinnitus, and general patient satisfaction.

### **Material and methods**

Eleven patients with single-sided deafness and tinnitus were included in the study and underwent the Freiburg speech perception test in quiet, the Oldenburg sentence test, the Hochmair-Schulz-Moser (HSM) sentence test, and a test of localisation under free-field conditions. Furthermore, general patient satisfaction was assessed. Tinnitus was evaluated using a visual analogue scale (VAS) and a structured tinnitus interview (STI).

### **Results**

All eleven patients showed an improvement in hearing with the CI. Preoperative tinnitus decreased to a minimum level in almost all subjects. This was the most important result of the study.

### **Conclusions**

In nearly all patients with single-sided deafness, the cochlear implant led to an almost complete reduction of coexisting tinnitus. Speech perception in background noise and localisation performance also improved after cochlear implantation in almost all patients with single-sided deafness.

Key words: cochlear implant, tinnitus, single-sided deafness (SSD)

## Hintergrund und Fragestellung

Besteht eine mittel- bis hochgradige beidseitige Innenohrschwerhörigkeit, so wird in der Praxis zunächst versucht, den Hörverlust mit ausreichend verstärkenden konventionellen Hörsystemen zu rehabilitieren. Hier gibt es eine breitgefächerte Auswahl an unterschiedlichen Signalverarbeitungsstrategien und Bauarten. Bei einseitiger hochgradiger Innenohrschwerhörigkeit oder Ertaubung gibt es die Möglichkeit der Versorgung mit einem „Contralateral Routing of Signals“ (CROS)-Gerät [1] [2] [3] [4]. Weitere Alternativen sind u.a. die Versorgung mit einem knochenverankerten Hörsystem, wie z.B. dem Bonebridge System® (MED-EL Elektromedizinische Geräte GmbH, Innsbruck, Österreich). Außerdem stehen transkutane Lösungen, wie ein BAHl (bone anchored hearing instrument), z.B. BAHA® (Cochlear AG, Hannover) oder Ponto® (Oticon GmbH, Hamburg) zur Verfügung [5]. Diese Systeme gelten als sog. Pseudo-CROS-Systeme, da hier der auf der ertaubten Seite aufgenommene Schall direkt an das bessere Innenohr übertragen wird. Ein Richtungshören kann hiermit nicht erzielt, sondern nur imitiert werden, da mit nur einem zur Verfügung stehenden Ohr Richtungshören nicht möglich ist. Es liegt ein so genanntes „pseudostereofones Hören“ vor [6].

Markides konnte zeigen, dass keiner seiner Patienten durch die CROS-Versorgung das Richtungshören zurück erlangen konnte [4]. Dennoch bietet die CROS-Versorgung gegenüber konventionellen Hörsystemen auf der betroffenen Seite den Vorteil, dass Patienten wesentlich geringere Rückkopplungen bei hochgradiger sensorineuraler Schwerhörigkeit haben, die aufgrund der sehr hoch zu wählenden Verstärkung hervorgerufen wird. Weiterhin wird eine bessere Sprachverständlichkeit im Störgeräusch erzielt. Vergleicht man die CROS-Versorgung mit anderen Hörhilfen so zeigt sich insgesamt eine nur recht geringe Hörverbesserung [7]. Dies resultiert aus der Tatsache, dass durch die „beidseitige“ Aufnahme des Schalls auf dem normal- oder besserhörendem Ohr lediglich ein Höreindruck zustande kommt, mit dem sich nur wenige Patienten arrangieren können [7].

Die jüngste Variante bei einseitiger Versorgung ist die Cochlea-Implantat (CI)-Versorgung. Arndt et al. konnten nachweisen, dass zwar sowohl mit der Versorgung von CROS-Systemen oder Pseudo-CROS Hörerfolge im Bereich der Sprachverständlichkeit im Störgeräusch und der Lokalisation nachweisbar sind, allerdings im direkten Vergleich zu der CI-Versorgung nicht mithalten konnten [1] [8]. Mit CI wurde beispielsweise bei der

Überprüfung der Lokalisation eine um ca. 40 % höhere Trefferquote als bei knochenverankerten Systemen oder CROS-Systemen ermittelt. Auch Vermeire sowie Firszt und Mitarbeiter konnten gute Hörerfolge mit einseitigen CI in der Sprachverständlichkeit feststellen [9] [10].

Ebenfalls kann durch die CI-Versorgung ein präoperativ vorhandener Tinnitus positiv beeinflusst werden. Verschiedene Autoren konnten nachweisen, dass ein Tinnitus durch eine CI-Versorgung positiv beeinflusst werden kann [4] [6] [9] [11] [12] [13], bis hin zu einer vollständigen Unterdrückung bei 65% der untersuchten Patienten [14].

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden 11 Patienten mit einseitiger Ertaubung und Tinnitus, die an der HNO Klinik des Bundeswehrkrankenhauses Ulm operativ mit einem CI versorgt wurden hinsichtlich des Hörerfolges und des Effekts auf den Tinnitus untersucht.

## Studiendesign und Untersuchungsmethoden

Alle Patienten nahmen freiwillig an der Studie teil, ein Abbruch war jederzeit möglich. Sie wurden vor Studienbeginn ausführlich über den Zweck der Studie informiert und konnten jederzeit alle Ergebnisse einsehen. Die Ethikkommission der Universität Ulm hat der vorliegenden Untersuchung und Datenerhebung zugestimmt. Alle notwendigen Einstellungen und Messungen wurden innerhalb einer schallisolierten Kabine, unter Einhaltung der DIN EN ISO 8253-2 durchgeführt. Es wurde aufgrund der geringen Fallzahl auf eine weitreichende statistische Auswertung verzichtet, die Darstellung der Ergebnisse der Sprachtests erfolgte mit Hilfe von Box & Whisker Plots, mit Darstellung des Medians, der 25. und 75. Perzentile sowie den Extremwerten. Gruppenunterschiede wurden unter Berücksichtigung einer nicht vorhandenen Normalverteilung mit Hilfe des Kruskal-Wallis Rangsummentests untersucht.

In die Untersuchung wurden 11 Patienten aufgenommen (3 Frauen und 8 Männer). Das durchschnittliche Alter betrug 51 Jahre, darunter 4 Personen im Alter von 20 - 45 Jahren (Mittelwert: 34 Jahre), 4 Personen im Alter von 46 - 60 Jahren (Mittelwert: 54 Jahre) und 3 Personen im Alter von 61 - 80 Jahren (Mittelwert: 69 Jahre). Bei einem der Probanden bestand die einseitige Taubheit seit der Geburt, bei allen anderen Probanden war die Taubheit erworben.

Aufgenommen wurden alle Patienten, die bei Normakusis bzw. maximal mittelgradiger Schwerhörigkeit des bessern Ohres auf der anderen Seite mit einem Cochlea-Implantat versorgt worden waren. Die über die Frequenzen 0,25; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0 und 4,0 kHz gemittelte tonaudiometrische Hörschwelle betrug auf dem besseren Ohr 23 dB HL.

Bei 5 von 11 Patienten lag als mutmaßliche Ursache der einseitigen Ertaubung ein Hörsturz vor. Bei 4 weiteren Patienten wurde der Hörverlust durch eine Mittelohrentzündung ausgelöst. Je einmal konnte ein Knalltrauma und eine angeborene Hörstörung als Ursache festgestellt werden.

Die Zeitspanne zwischen der Ertaubung und der Implantation lag im Median bei 10 Jahren (1 – 55 Jahre).

9 der Versuchspersonen wurden mit dem „Sonata TI 100“-Implantat und „Opus 2“-Sprachprozessor und 2 der Patienten wurden mit dem „Sonata FLEX<sup>EAS</sup>“ und „DUET“-

Prozessor bei elektro-akustischer Stimulation (EAS) der Firma MED-EL (MED-EL Elektromedizinische Geräte GmbH, Innsbruck, Österreich) versorgt. Im Mittel waren die Versuchspersonen bei der Auswertung ca. 1 Jahr mit dem CI versorgt. Die kürzeste Zeit mit CI lag bei 6 Monaten, die längste bei 2,5 Jahren.

5 der 11 Patienten besaßen vor der Implantation noch ein Restgehör auf dem schlechteren Ohr. Dies entspricht einem Prozentsatz von 45,5 %. Der gemittelte тонаudiometrische Hörverlust über die Frequenzen 0,25; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 kHz betrug 83 dB HL.

Ein weiteres Einschlusskriterium war der, bereits vor der Implantation vorhandene, Tinnitus. Alle elf Patienten gaben an, bereits vor der Implantation an einem Tinnitus zu leiden.

Die Belastung durch den Tinnitus wurde subjektiv durch eine visuelle Analogskala (VAS) von 1 (keine Belastung) bis 10 (maximale Belastung), und quantitativ durch den Tinnitus-Fragebogen (TF) nach Göbel & Hiller [15] sowie das Strukturierte Tinnitus Interview (STI) [16] erfasst. Zusätzlich wurde der subjektive Hörerfolg mit dem Cochlea-Implantat erfragt. Zum Abschluss sollte von jedem Patienten die Gesamtzufriedenheit bewertet werden. Eine Übersicht der Probanden einschließlich der Einzelergebnisse ist in Tab. 1 dargestellt.

#### **Tab. 1 Übersicht über die Studienteilnehmer**

### **Optimierung der CI-Einstellung**

Im Anschluss an die Patientenbefragung folgten die Telemetriemessung sowie die Optimierung der Maps in den unterschiedlichen Programmen. Die Optimierung erfolgte mit Hilfe der Lautheitsskalierung und einem Lautheitsbalancing bezogen auf das besser hörende Ohr, so dass ein annähernd gleicher Lautheitseindruck im Pegelbereich von 50 – 80 dB auf beiden Seiten vorlag. Dadurch wurde vor allem eine subjektiv gute Geräusch- und Klangwahrnehmung sichergestellt. Die Einstellungen der CI-Programme wurden über die Software Maestro 4.0 der Firma Med-El durchgeführt.

### **Audiologische Diagnostik**

Die audiologischen Untersuchungen umfassten die Überprüfung der Hörschwelle auf dem besser hörendem Ohr, den Freiburger Einsilbertest mit dem CI-Ohr im Freifeld (FF) unter Vertäubung des besserhörenden Ohres über Kopfhörer mit 80 dB SPL Breitbandrauschen,

den Oldenburger Satztest (OISa) [17] [18] [19] und den HSM-Satztest bei einem SNR von 5 dB [20]. Die Satztests wurden binaural im Störgeräusch durchgeführt im Abstand von 1 m zum Lautsprecher, es wurde eine Anordnung SON90 gewählt, wobei das Störgeräusch von der Seite des besser hörenden Ohres kam. Der OISa wurde adaptiv bei einem festen Störgeräuschpegel von 65 dB durchgeführt, wobei eine Testliste zur Minimierung des Trainingseffektes vorab getestet wurde. Im Anschluss wurde das Richtungsgehör mit einem Schmalbandrauschen von 1 kHz und 4 kHz getestet.

## **Lokalisation**

Um das Richtungshören der Patienten zu prüfen, wurden aus 4 unterschiedlichen Lautsprechern, die in einem Winkel von 60 ° zueinander standen, ein Schmalbandrauschen mit einem Schallpegel von 65 dB in den Frequenzen 1 und 4 kHz geben. Die Lautsprecher waren in einem Halbkreis und einem Abstand von 1 m vor dem Patienten angeordnet. Nach Präsentation der jeweiligen Stimuli musste der Patient angeben, aus welchem der 4 Lautsprecher er das Rauschen wahrgenommen hatte.

## **Ergebnisse**

### **Tonaudiometrie**

Die Überprüfung der Hörschwelle des besseren Ohres ergab zu den präoperativ ermittelten Hörschwellen keine Veränderungen.

### **Freiburger Einsilbertest**

Beim Freiburger Einsilbertest wurde von allen 11 Patienten, unter Vertäubung des besser hörenden Ohres, auf dem CI-Ohr ein gemittelttes Sprachverstehen von 15 % erreicht. Die Ergebnisse des Freiburger Einsilbertests wurden in 2 Kategorien nach Ertaubungsdauer und Lebensalter aufgeteilt und grafisch dargestellt. Diese Unterteilung wurde von uns bewusst gewählt, um Unterschiede innerhalb der Gesamtgruppe trotz der kleinen Fallzahl besser herausarbeiten zu können. Dieses Vorgehen hat sich auch bewährt, da innerhalb dieser Aufteilungen der Median bei der jüngsten Altersgruppe (20 – 45 Jahren) bei 22,5 % und bei der Gruppe mit der kürzeren Ertaubungsdauer (1 – 10 Jahren) bei 5 % lag.

In Abb. 1 sind die Ergebnisse nach der Ertaubungsdauer in die Kategorien 1 – 10 Jahre und >10 Jahre aufgeteilt, während 6 von 11 Patienten zu der Gruppe mit der kürzeren Ertaubungsdauer bis zu 10 Jahren zählten und 5 Patienten eine Ertaubungsdauer



>10 Jahre aufwiesen. Der Median der Einsilbverständlichkeit lag bei 20 % bei einer Ertaubungsdauer von 1 – 10 Jahren. Die gemittelte Ertaubungsdauer dieser 5 Patienten betrug etwa 4 Jahre.

Bei einer Ertaubungsdauer >10 Jahren zeigte sich eine deutlich geringere Einsilbverständlichkeit, so betrug hier der Median 5 %, während die gemittelte Ertaubungsdauer in dieser Gruppe bei 33 Jahren lag.

**Abb. 1: Einsilberverständlichkeit des CI-Ohres in Abhängigkeit der Ertaubungsdauer. Der Test wurde im Freifeld mit 65 dB in Ruhe durchgeführt und das bessere Ohr über Kopfhörer mit einem Breitbandrauschen von 80 dB SPL vertäubt. Die Werte sind mit Hilfe von Boxplots dargestellt. Dargestellt sind der Median, die 25. Und 75. Perzentile (Ränder der Box) sowie die 5. und 95. Perzentile (Whisker), sowie die Ausreißer (Kreuze).**

Betrachtet man die die Einsilberverständlichkeit nach Altersgruppen, so gibt es auch hier zum Teil deutliche Unterschiede. Der Median lag in der jüngsten Altersgruppe von 20 – 45 Jahren bei 22,5 %, für die nächsten beiden Altersgruppe von 46 – 60 und 61 – 80 Jahren bei 5 %, wobei der Maximalwert in diesen beiden Gruppen bei 30 % und der Minimalwert bei 0 % lag.

## **Sprachverstehen im Störgeräusch**

### **Oldenburger Satztest**

Der OISa wurde ebenfalls nach der Ertaubungsdauer und dem Lebensalter ausgewertet. Der Median lag für alle Patienten bei 3,5 dB, der Mittelwert bei 4,06 dB SNR. Der Minimalwert betrug -3,8 dB erreicht und der Maximalwert 19,9 dB.

In der nachfolgenden Abb. 2 ist der SNR in Abhängigkeit der Ertaubungsdauer, aufgeteilt in 1-10 Jahren und >10 Jahren dargestellt. Bei der kürzeren Ertaubungsdauer lag der Median bei 2,05 dB SNR, der minimale Wert lag bei -1,9 dB und der Maximalwert bei 4,4 dB. Bei längerer Ertaubungsdauer (>10 Jahren) lag der Median bei 5,4 dB. Hier lag der minimale Wert bei -3,8 dB und der maximale Wert bei 19,9 dB, wobei hier bereits anzumerken ist, dass dieser Patient sein Implantat sehr wenig nutzt.

**Abb. 2: OISa Ergebnisse des Signal-Rausch-Abstandes (SNR) in dB: Die Ergebnisse sind in Abhängigkeit der Ertaubungsdauer mit Hilfe von Boxplots dargestellt. Dargestellt sind der Median, die 25. Und 75. Perzentile (Ränder der Box) sowie die 5. Und 95. Perzentile (Whisker), sowie die Ausreißer (Kreuze). Es fällt insbesondere bei den Patienten mit langer Ertaubungsdauer auf, dass hier die Streubreite sehr groß ist.**

Abb. 3 stellt die Ergebnisse des SNR's in dB, nach nach Lebensalter aufgeteilt, dar. Der Median lag für die jüngste Gruppe bei -1,65 dB und für die beiden älteren Gruppen bei 3,85 und 5,4 dB. Wobei die Werte insbesondere bei der mittleren Altersgruppe stark schwankten von 19,9 dB bis -1,3 dB. Der Proband, der lediglich 19,9 dB SNR erzielte trug sein CI nur unregelmäßig bzw. nahm an keinem Hörtraining teil.

**Abb. 3: OISa Ergebnisse des Signal-Rausch-Abstandes (SNR) in dB: Die Ergebnisse sind in Abhängigkeit des Lebensalters mit Hilfe von Boxplots dargestellt. Dargestellt sind der Median, die 25. Und 75. Perzentile (Ränder der Box) sowie die 5. Und 95. Perzentile (Whisker), sowie die Ausreißer (Kreuze). Die jüngste Gruppe lag der Median bei -1,65 dB, für die mittlere Altersgruppe bei 3,85 und für die höchste Altersgruppe bei 5,4 dB.**

### **HSM-Satztest**

Auch der HSM-Satztest wurde nach den Kriterien Ertaubungsdauer und Lebensalter ausgewertet. Der Median der Verständlichkeit lag, bei einem SNR von 5 dB, bei 89,32 %. Für die Gruppe mit der kürzeren Ertaubungsdauer lag der Median bei 89,32 % und für die Gruppe mit einer Ertaubungsdauer von über 10 Jahren bei 71,85 %. Bezogen auf die Altersgruppen erzielte die jüngste einen Median von 94,66 %, während die mittlere und höchste Altersgruppe bei 92,23 bzw. 64,08 % lag (Abb.4).

Abb. 4 zeigt die Sprachverständlichkeit in % nach Lebensalter. Die jüngste Altersgruppe von 20 – 45 Jahren schnitt mit einer gemittelten Sprachverständlichkeit von 91,75 % am besten ab, während die mittlere Altersgruppe (46–60 Jahre) mit einer Sprachverständlichkeit von 85,44 % im Mittel folgte. Die älteste Patientengruppe erreichte eine mittlere Sprachverständlichkeit von 49,84 %. Alle Sprachtests waren hinsichtlich der Gruppenunterschiede nicht signifikant.

**Abb. 4: HSM-Satztest. Die Verständlichkeit in % in Abhängigkeit des Lebensalters ist mit Hilfe von Boxplots dargestellt. Dargestellt sind der Median, die 25. Und 75. Perzentile (Ränder der Box) sowie die 5. Und 95. Perzentile (Whisker), sowie die Ausreißer (Kreuze). Der Median für die jüngste Altersgruppe lag bei 94,66 % während er für die mittlere Altersgruppe bei 92,23 und für die höchste Altersgruppe bei 64,08 % lag.**

### **Lokalisation**

Insgesamt betrachtet fiel es den 11 Patienten noch recht schwer das Schmalbandrauschen richtig zu lokalisieren. Es fiel auf, dass sich die Treffergenauigkeit nach kurzer Trainingsphase besserte. Bei Betrachtung beider Frequenzen ergab sich ein Gesamtprozentsatz von 54 % der richtig erkannten Treffer bei allen 11 Patienten. Werden die Ergebnisse frequenzspezifisch nach 1 kHz und 4 kHz betrachtet, so ergab sich bei 1 kHz eine Trefferrate von 58 %, bei 4 kHz von 50 %.

Die Patienten mit kürzerer Ertaubungsdauer von 1 - 10 Jahren erreichten eine Trefferrate von 72,9 % bei 1 kHz und 66,7 % bei 4 kHz. Die Patienten mit längerer Ertaubungsdauer von >10 Jahren hingegen erreichten bei 1 kHz eine Trefferrate von nur 40 % und bei 4 kHz von 30 %. Die Gesamterkennungsrate lag bei 69,8 % bei kürzerer Ertaubungsdauer und bei einer längerer Ertaubungsdauer (>10 Jahre) eine Rate von 35 %.

Noch deutlicher wird der Unterschied nach Altersgruppen. Hier schnitten die Patienten in der Altersgruppe 20 – 45 Jahren mit einer Erkennungsrate von 71,8 % bei 1 kHz und von 65,6 % bei 4 kHz ab. Es ergab sich daraus eine mittlere Erkennungsrate von 68,7 % für beide Frequenzen.

Die Altersgruppe von 46 – 60 Jahren lag bei der Frequenz 1 kHz bei einer Trefferrate von 56,25 % und bei 4 kHz von nur 34,38 %. Die mittlere Trefferrate für beide Frequenzen lag hier bei 45,3 %. Die dritte Altersgruppe (61 – 80 Jahre) lag bei 1 kHz bei 50 % und bei 4 kHz bei 41,6 %. Im Mittel ergab sich für beide Frequenzen zusammen eine Trefferrate von 45,8 %.

Insgesamt lässt sich erkennen, dass die Lokalisation von Schmalbandrauschen frequenzspezifisch arbeitet und die tiefere Frequenz (1 kHz), eine höhere Trefferrate erzielte. Im Mittel wurde bei 1 kHz eine um 10,5 % bessere Erkennungsrate erreicht. Wobei auch hier sämtliche Unterschiede nicht signifikant waren.

## **Tinnitus**

Alle 11 Patienten berichteten vor der Implantation über einen Tinnitus, der für sie zum Teil maximal belastend war. Bis auf einen Patienten berichteten alle Patienten postoperativ über eine deutliche Besserung des Tinnitus, der nach der Implantation bzw. Aktivierung des Cochlea-Implantats deutlich weniger belastend war, als präoperativ. Dieser Effekt erscheint auch nachhaltig, da auch Patienten, die schon 2,5 Jahre mit dem CI versorgt waren, über einen guten Therapieeffekt berichteten und ihren Tinnitus weiterhin als kaum belastend wahrnahmen.

## **Subjektive Einschätzung (Tinnitus)**

Auch mittels VAS konnte gezeigt werden, dass sich der Tinnitus innerhalb von 180 Tagen durchschnittlich von 6,2 auf 2,9 Punkte verringerte. Dies bestätigt die subjektiv hohe Zufriedenheit mit dem Operationsergebnis hinsichtlich der Tinnitusreduktion. Auch hinsichtlich des postoperativen Hörergebnisses hatten die Patienten eine hohe Zufriedenheit gezeigt.

## Fragebogeninventare (Tinnitus)

### *STI Fragebogen*

Der STI Fragebogen unterstrich die positiven subjektiven Einschätzungen. Die Punktzahl verringerte sich kontinuierlich von 32 auf 16 Punkte 180 Tage nach Implantation. Das zeigt, dass die Patienten je länger sie das CI trugen, immer weniger vom Tinnitus beeinträchtigt wurden.

### *TF nach Göbel und Hiller*

Auch im Fragebogen nach Göbel und Hiller konnte innerhalb der 180 Tage ein Sinken des Scores von 50,9 auf durchschnittlich 14,5 Punkte beobachtet werden. Auch dieser Fragebogen zeigt den großen Erfolg der Therapie.

### *Tinnitus Lautstärke Vergleich*

Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied ( $p < 0,01$ ) zwischen dem aktivierten und dem ausgeschalteten CI Zustand. Im eingeschalteten CI Zustand war der Tinnitus im Median 12,1 dB leiser, als im ausgeschalteten Zustand (25,4 dB ohne gegenüber 13,3 dB mit CI).

## **Subjektive Bewertung der CI-Versorgung**

Bei der Frage nach dem subjektiv empfundenen Hörerfolg fielen die Antworten zum Teil unterschiedlich aus. Es wurde von den meisten Patienten (9 von 11 Probanden) ein sehr positiver subjektiver Höreindruck nach Implantation geschildert. Von diesen 9 Patienten gaben 5 an, speziell in lauten Situationen Sprache im Störgeräusch wieder gut verstehen zu können und wieder ein Richtungsgehör zu haben. 4 der 9 Patienten schilderten nur ein besseres Sprachverstehen im Störgeräusch, hatten mit dem Richtungshören aber noch Schwierigkeiten, wenn es überhaupt wieder wahrgenommen werden konnte. Ein Patient bezeichnete die Verbesserung des Sprachverstehens im Störgeräusch nur als minimal, ein weiterer Patient berichtete über keine spürbare Verbesserung mit dem CI.

## Diskussion

Wie jede neue Indikation, ist insbesondere auch die Indikation „Einsatz eines Cochlea-Implantats bei einseitig tauben Patienten mit/ohne Tinnitus“ zunächst einmal kritisch zu diskutieren. Insbesondere vor dem Hintergrund, dass bis heute in vielen Fällen bei beidseitig tauben Patienten mit den Kostenträgern Prozesse um eine beidseitige CI-Implantation zu führen sind, ist die Versorgung eines einseitig tauben Patienten bei kontralateraler Normalhörigkeit besonders kritisch zu sehen.

In ersten Fallberichten anderer Arbeitsgruppen konnte jedoch der positive Effekt einer CI-Implantation bei einseitig tauben Patienten nachgewiesen werden. So konnten die Arbeitsgruppen von Jacob, Büchner, Firszt, und Arndt zeigen, dass ein Hörerfolg durch die unilaterale CI-Versorgung bei einseitig ertaubten Menschen erzielt werden konnte. Dies konnte an unserer Patientengruppe erneut eindrucksvoll nachgewiesen werden [8] [10] [21] [22].

Von welchen Faktoren der Erfolg der Therapie abhängt und welche Patienten am meisten von einer Implantation profitieren, ist bis heute nicht ausreichend untersucht.

Hängt eine erfolgsversprechende Versorgung vom Lebensalter ab?

Sowohl beim OISA, als auch beim HSM-Satztest zeigten sich für die höheren Lebensalter schlechtere Ergebnisse. Zu diskutieren sind hier möglicherweise auch abnehmenden kognitiven Fähigkeiten, insbesondere die Hörmerkspanne sowie eine geringere Konzentration bei älteren Patienten [21] [23].

Es ist jedoch falsch, anzunehmen, dass ältere Patienten somit nicht von einem CI profitieren. Eher das Gegenteil ist der Fall. Es ist schon seit Jahren bekannt, dass ältere Patienten Veränderungen im auditiven System aufweisen, die sich in periphere/zentrale Veränderungen und kognitive Beeinträchtigungen aufteilen lassen [23]. Im Vordergrund bei älteren Patienten stehen jedoch nicht die peripheren Veränderungen, sondern vielmehr die kognitiven Veränderungen, die durch die lange Ertaubung (mit)hervorgehoben wurden [23] [24]. Somit ist ein entscheidender Faktor für den Erfolg die frühzeitige Rehabilitation und Übung.

Inwieweit hängt der Erfolg von der Ertaubungsdauer ab?

Diese Frage kann durch die Messergebnisse im Rahmen dieser Studie recht eindeutig, wenn auch nicht signifikant, beantwortet werden. Je länger die Dauer der einseitigen Ertaubung, desto schlechter die Ergebnisse. Insbesondere bei den Ergebnissen des Freiburger Einsilbertests, des OISa und der Ermittlung der Lokalisation konnten die erhobenen Ergebnisse diese Annahme bestätigen.

Beim Freiburger Einsilbertest lag der Median für die Patientengruppe mit einer Ertaubungsdauer >10 Jahren bei 5 % und damit 15 % unter dem Median der Patientengruppe mit kürzerer Ertaubungsdauer. Auch bei der Lokalisation konnte ein prozentualer Unterschied von 34,8 % zwischen beiden Gruppen ermittelt werden. Im OISa zeigte sich ein Unterschied von SNR 3,35 dB zwischen beiden Gruppen hinsichtlich des Median. Im HSM-Satztest unterschieden sich die beiden Gruppen um 17,47 % (10 Jahre: 89,32 % und >10 Jahre: 71,85 %).

Ebenfalls schlechter schnitt die Gruppe mit langer Ertaubungsdauer bei der Lokalisation ab. Eine hohe Differenz ergab sich bei der Trefferrate bei Bestimmung der Lokalisation für 1 und 4 kHz. Hier schnitt die Gruppe mit der kürzeren Ertaubungsdauer mit 69,8 % deutlich besser ab, als die Gruppe mit der längeren Ertaubungsdauer (35 %). Ein Patient, der bereits seit Geburt einseitig taub war und erst im Alter von 55 Jahren implantiert wurde, erreichte in den Sprachtests gute Ergebnisse, jedoch konnte das Richtungsgehör mit einer Trefferquote von 37 % nicht wieder hergestellt werden. Lediglich die interaurale Lautheitsdifferenz kann wieder durch den Einsatz des CI's genutzt werden und ermöglicht in manchen Fällen eine wiederhergestellte Lokalisation [21]. Auch die UK Cochlear Implant Study Group kommt zu dem Schluss, dass zwar einerseits die präoperative Sprachverständlichkeit als Kriterium für eine Indikation berücksichtigt werden muss, andererseits aber auch die Ertaubungsdauer [25].

Wesentlicher Punkt der Entscheidung, bei einseitig tauben Patienten ein CI zu implantieren dürfte allerdings zwischenzeitlich weniger die Indikation „Ertaubung“ sondern vielmehr die Begleitindikation „Tinnitus“ sein.

In der untersuchten Patientengruppe lag bei allen Patienten präoperativ ein Tinnitus vor. Bis auf einen der untersuchten 11 Patienten hatten alle Patienten postoperativ bei eingeschaltetem Implantat eine nachdrückliche Verbesserung des Tinnitus, welches sich sehr eindrücklich in den Bewertungen durch die VAS aber auch dem STI und dem TF bestätigte. Bei 6 der untersuchten 11 Patienten war der Tinnitus postoperativ bei

eingeschaltetem Implantat nicht mehr hörbar. Der Patient, der im Rahmen dieser Studie nicht über eine Verbesserung berichtete, konnte später nach einer psychosomatischen Therapie (hier speziell eine Traumatherapie), ebenfalls Erleichterung finden.

Grundlage der Wirkung nach Implantation dürfte die elektrische Stimulation des Hörnervs als Masker sein. Dies wird durch Untersuchungen der Arbeitsgruppe um Olze bestätigt, die annehmen, dass die Maskierungseffekte durch eine direkte elektrische Stimulation des Hörnervs und v.a. durch eine CI-induzierte Reorganisation der zentralen Hörbahn und des zentralen auditorischen Kortex wirksam werden [26]. Hier gibt es offenbar mehrere Faktoren, die die Wirkung des CIs auf den Tinnitus beeinflussen. Song et al. konnten in ihrer Untersuchung zeigen, dass der Erfolg zum Teil davon abhängt, wie stark verschiedene Hirnareale miteinander verknüpft sind. Sind zum Beispiel der primäre auditorische Kortex deutlich mit hinteren Anteil des Cingulums verknüpft, so ist eine Reduktion des Tinnitus durch ein CI eher geringer [27]. Während Punte et al. davon ausgehen, dass nur dann eine ausreichende Wirkung auf den Tinnitus erzielt werden kann, wenn genügend Elektroden stimuliert werden [28]. Die Ergebnisse hinsichtlich des Tinnitus sind in der Summe jedoch so überzeugend, dass einseitige Ertaubung mit Tinnitus als eine Standardindikation diskutiert werden muss.

Wie auch bei beidseitig ertaubten Patienten stellt die Sprachrehabilitation einen wesentlichen Stützpfiler des Erfolgs dar, Hörerfolg und Zufriedenheit mit dem Ergebnis hängen im Wesentlichen von der eigenen Motivation und dem Training ab. Zwei Patienten waren von Anfang an sehr unmotiviert, trugen das Cochlea-Implantat nur sehr unregelmäßig und selten und lehnten beide die logopädische Therapie nach der Implantation ab. Beide erzielten im Vergleich zu den anderen Patienten keinerlei Hörerfolg beim Freiburger Einsilbertest (von 0 %). Im HSM-Satztest erlangte der eine 71,85 % und der andere Patient 57,28 % Verständlichkeit. Im OISa erreichten sie 5,4 dB bzw. 19,9 dB SNR.

Insbesondere die Lokalisation zeigt einen ausgeprägten Trainingseffekt. Ein Patient schnitt mit einer Ertaubungsdauer von 1,6 Jahren bei den Sprachtests im Störgeräusch mit einem SNR von -3,5 dB im OISa und einer Verständlichkeit im HSM-Satztest von 100 % sehr gut ab, während er bei der Lokalisation jedoch nur bei 43,75 % Treffern lag. Ein weiterer Patient zeigte bei einer Ertaubungsdauer von 12 Jahren einen SNR von -3,8 dB im OISa und ebenfalls einer Verständlichkeit im HSM-Satztest von 100 %. Die Trefferrate bei der Lokalisation betrug 31,3 %. Beide Patienten gaben an ihr CI regelmäßig zu Tragen und die



logopädische Therapie regelmäßig zu nutzen. Nach weiterem Training konnte die Trefferquote bei der Lokalisation in beiden Fällen auf mehr als 60% gesteigert werden. Vergleichbare Ergebnisse werden aus der Arbeitsgruppe von Lenarz berichtet, die diese schlechte Trefferquote mit unregelmäßigem Tragen des CI's erklären. Hierdurch gehe „der Übungseffekt des Basishörtrainings verloren“ [29].

## Fazit für die Praxis

Einseitig ertaubte Patienten profitieren von einer CI-Versorgung, solange ein gewisses Maß an Eigenmotivation vorhanden ist. Das Implantationsalter ist der Ertaubungsdauer deutlich untergeordnet, insbesondere dann, wenn die Patienten das System regelmäßig tragen und entsprechend ein Hörtraining durchführen.

Während die Ergebnisse hinsichtlich des Hörens und insbesondere der Lokalisation durchaus kritisch zu sehen sind, sind die Ergebnisse bezüglich eines gleichzeitig vorhandenen Tinnitus auf der ertaubten Seite so außergewöhnlich gut, dass man diese Therapieoption keinem Patienten vorenthalten sollte.

## References

1. Arndt S, Aschendorff A, Laszig R et al. (2011) Comparison of pseudobinaural hearing to real binaural hearing rehabilitation after cochlear implantation in patients with unilateral deafness and tinnitus. *Otol. Neurotol.* 32(1): 39–47. doi: 10.1097/MAO.0b013e3181fcf271
2. à Wengen, D F (2009) Einseitige Gehörlosigkeit: neue Therapiemöglichkeiten mit dem knochenverankertem Hörgerät (BAHA®) (Bone Anchored Hearing Aid). [http://www.medicalforum.ch/pdf/pdf\\_d/2009/2009-06/2009-06-096.PDF](http://www.medicalforum.ch/pdf/pdf_d/2009/2009-06/2009-06-096.PDF). Accessed 29 Aug 2013
3. Akademie für Hörgeräte-Akustik Informationen für die tägliche Praxis. CROS/Bi-CROS. <http://www.aha-luebeck.de/index.php/schriftenreihe-dl.html>. Accessed 29 Aug 2013
4. Markides A (1979) The CROS hearing aid system. *Br J Audiol* 13(2): 63–72
5. à Wengen, D F (2004) Implantierbare Mittelohrhörgeräte (Implantable middle ear hearing aids). *Ther Umsch* 61(1): 47–52
6. Klein M, Leuwer R (2009) Implantierbare Hörgeräte. In: Reiss M (ed) *Facharztwissen HNO-Heilkunde. Differenzierte Diagnostik und Therapie*. Springer, Heidelberg
7. Wazen JJ, Spitzer JB, Ghossaini SN et al. (2003) Transcranial contralateral cochlear stimulation in unilateral deafness. *Otolaryngol Head Neck Surg* 129(3): 248–254
8. Arndt S, Laszig R, Aschendorff A et al. (2011) Einseitige Taubheit und Cochlear-implant-Versorgung. *HNO* 59(5): 437–446. doi: 10.1007/s00106-011-2318-8

9. Vermeire K, Van de Heyning, Paul (2009) Binaural hearing after cochlear implantation in subjects with unilateral sensorineural deafness and tinnitus. *Audiol. Neurootol.* 14(3): 163–171. doi: 10.1159/000171478
10. Firszt JB, Holden LK, Reeder RM et al. (2012) Auditory abilities after cochlear implantation in adults with unilateral deafness: a pilot study. *Otol. Neurotol.* 33(8): 1339–1346. doi: 10.1097/MAO.0b013e318268d52d
11. Ruckenstein MJ, Hedgepeth C, Rafter KO et al. (2001) Tinnitus suppression in patients with cochlear implants. *Otol. Neurotol.* 22(2): 200–204
12. Miyamoto RT, Bichey BG (2003) Cochlear implantation for tinnitus suppression. *Otolaryngol. Clin. North Am.* 36(2): 345–352
13. Kompis M, Pelizzone M, Dillier N et al. (2012) Tinnitus before and 6 months after cochlear implantation. *Audiol. Neurootol.* 17(3): 161–168. doi: 10.1159/000335126
14. Quaranta N, Wagstaff S, Baguley DM (2004) Tinnitus and cochlear implantation. *Int J Audiol* 43(5): 245–251
15. Goebel G, Hiller W (1994) Tinnitus-Fragebogen (TF). Standardinstrument zur Graduierung des Tinnitus Schweregrades. Ergebnisse einer Multicenterstudie mit dem Tinnitus-Fragebogen (TF) (The tinnitus questionnaire. A standard instrument for grading the degree of tinnitus. Results of a multicenter study with the tinnitus questionnaire). *HNO* 42(3): 166–172
16. Hiller W, Goebel G, Schindelmann U (2000) Systematische Fremdbeurteilung von Patienten mit chronischem Tinnitus (Strukturiertes Tinnitus-Interview). *Diagnostica* 46(2): 93–102. doi: 10.1026//0012-1924.46.2.93
17. Wagener K, Brand T, Kollmeier B (1999) Entwicklung und Evaluation eines Satztests in deutscher Sprache II: Optimierung des Oldenburger Satztests. *Zeitschrift für Audiologie* 38(2): 44–56
18. Wagener K, Brand T, Kollmeier B (1999) Entwicklung und Evaluation eines Satztests in deutscher Sprache III: Evaluation des Oldenburger Satztests. *Zeitschrift für Audiologie* 38(3): 86–95
19. Wagener K, Kühnel, V., Kollmeier, B. (1999) Entwicklung und Evaluation eines Satztests für die deutsche Sprache I: Design des Oldenburger Satztests. *Zeitschrift für Audiologie* 38(1): 4–15
20. Hochmair-Desoyer I, Schulz E, Moser L et al. (1997) The HSM sentence test as a tool for evaluating the speech understanding in noise of cochlear implant users. *Am J Otol* 18(6 Suppl): S83

21. Jacob R, Stelzig Y, Nopp P et al. (2011) Audiologische Ergebnisse mit Cochlear implant bei einseitiger Taubheit (Audiological results with cochlear implants for single-sided deafness). *HNO* 59(5): 453–460. doi: 10.1007/s00106-011-2321-0
22. Buechner A, Brendel M, Lesinski-Schiedat A et al. (2010) Cochlear implantation in unilateral deaf subjects associated with ipsilateral tinnitus. *Otol. Neurotol.* 31(9): 1381–1385. doi: 10.1097/MAO.0b013e3181e3d353
23. Meister H, Schreitmüller S, Grugel L et al. (2011) Untersuchungen zum Sprachverstehen und zu kognitiven Fähigkeiten im Alter. *HNO* 59(7): 689–695. doi: 10.1007/s00106-011-2262-7
24. Olze H, Gräbel S, Förster U et al. (2012) Elderly patients benefit from cochlear implantation regarding auditory rehabilitation, quality of life, tinnitus, and stress. *Laryngoscope* 122(1): 196–203. doi: 10.1002/lary.22356
25. (2004) Criteria of candidacy for unilateral cochlear implantation in postlingually deafened adults I: theory and measures of effectiveness. *Ear Hear* 25(4): 310–335
26. Olze H, Zahnert T, Hesse G (2010) Hörgeräte, implantierbare Hörgeräte und Cochlear implants in der Therapie des chronischen Tinnitus (Hearing aids, implantable hearing aids and cochlear implants in chronic tinnitus therapy). *HNO* 58(10): 1004–1012. doi: 10.1007/s00106-010-2181-z
27. Song J, Punte AK, Ridder D de et al. (2013) Neural substrates predicting improvement of tinnitus after cochlear implantation in patients with single-sided deafness. *Hear. Res.* 299: 1–9. doi: 10.1016/j.heares.2013.02.001
28. Punte AK, Ridder D de, Van de Heyning, Paul (2013) On the necessity of full length electrical cochlear stimulation to suppress severe tinnitus in single-sided deafness. *Hear. Res.* 295: 24–29
29. Lenarz M, Sonmez H, Joseph G et al. (2012) Long-Term Performance of Cochlear Implants in Postlingually Deafened Adults. *Otolaryngology -- Head and Neck Surgery* 147(1): 112–118. doi: 10.1177/0194599812438041