

HNO 2023 · 71:504–512  
<https://doi.org/10.1007/s00106-023-01330-w>  
 Angenommen: 13. Juni 2023  
 Online publiziert: 14. Juli 2023  
 © Der/die Autor(en) 2023



# Sprachverstehen in Abhängigkeit von der cochleären Abdeckung – Vergleich bei bimodal versorgten Cochleaimplantatpatienten

Tobias Rader<sup>1</sup> · Leonhard Schrank<sup>1</sup> · Jennifer L. Spiegel<sup>2,3</sup> · Pascal Nachtigäller<sup>1</sup> · Judith E. Spiro<sup>4</sup> · John-Martin Hempel<sup>2</sup> · Martin Canis<sup>2</sup> · Joachim Müller<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Abteilung Audiologie, Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, LMU Klinikum der Universität München, München, Deutschland

<sup>2</sup> Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, LMU Klinikum der Universität München, München, Deutschland

<sup>3</sup> Deutsches Schwindel- und Gleichgewichtszentrum, LMU Klinikum der Universität München, München, Deutschland

<sup>4</sup> Klinik und Poliklinik für Radiologie, LMU Klinikum der Universität München, München, Deutschland

## Physioanatomische Eigenschaften

Bei der Versorgung von Patienten mit einem Cochleaimplantat (CI) steht die individuelle Betreuung im Vordergrund. So berücksichtigt das behandelnde CI-Team z. B. die unterschiedlichen (patho)physioanatomischen Eigenschaften eines jeden Patienten, die von Innenohrmalformationen [36], Resthörerhalt [6, 16] über Prävention von Schwindel [29] bis zur großen Variabilität der Cochlealänge (Cochlear Duct Length, CDL) reichen [13, 33, 39]. Die verschiedenen CI-Hersteller bieten ein großes Portfolio von Elektroden unterschiedlicher Länge sowie auch unterschiedlicher Lage innerhalb der Cochlea [3, 10, 24, 27] an. Zudem sollte auch die Modalität bei der Versorgung beider Ohren berücksichtigt werden.

## Kategorien der Versorgungsmodalitäten

Ein Großteil der mit CI versorgten Patienten kann in 5 Kategorien unterteilt werden: 1. Einseitig taube Patienten (Single Sided Deafness, SSD), die auf einem Ohr normalhörend und auf dem anderen mit einem CI versorgt sind [1, 11, 41]. 2. Bimodal versorgte Patienten mit asymmetrischem Hören, die auf dem schlechter

hörenden Ohr mit einem CI und auf dem besser hörenden Ohr mit einem Hörgerät (HG) versorgt sind, ohne dass hier eine CI-Indikation erreicht ist [1]. 3. Bimodal versorgte Patienten, die für beide Ohren eine Indikation für ein CI erreicht haben und mit 2 Modalitäten versorgt sind – auf dem schlechter hörenden Ohr mit einem CI und auf dem besser hörenden Ohr mit einem HG [9]. 4. Patienten mit elektrisch-akustischer Stimulation (EAS) am gleichen Ohr und HG am anderen Ohr. Diese Patienten haben ein gutes tieffrequentes Restgehör, sodass sie mit einem HG, das im CI-Audioprozessor integriert ist, mit gleichzeitiger elektrischer Stimulation über das CI selbst versorgt werden [16, 22]. 5. Beidseits erlaubte Patienten, die bilateral ein CI nutzen [31].

## Binaurale Integrationsvariabilität

Innerhalb dieser Kategorien wird jedoch eine große binaurale Integrationsvariabilität beobachtet. So geht für einige Patienten mit bilateraler Versorgung mit dem binauralen Hören ein essenzieller Benefit einher, während andere Patienten nur einen kleinen oder sogar keinen Vorteil erfahren. Auch Nachteile des binauralen Hörens, also binaurale Interferenz, ist möglich. Dieser Variabilität liegen verschiede-

Die englische Version dieses Beitrags ist unter <https://doi.org/10.1007/s00106-023-01327-5> zu finden.



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

ne individuelle Charakteristika der Patienten zugrunde, die den Resthörschall [21], das Fehlen kortikaler Plastizität, die Ertaubungsdauer [5], die unterschiedliche Verarbeitungszeit von CI und HG [45, 46], eine Frequenzdiskrepanz zwischen CI- und HG-Ohr [4, 32] und Unterschiede in der automatischen Verstärkungsregelung (Automatic Gain Control) von CI und HG [40] umfassen. Bei einigen Patienten wird eine bimodale Interferenz beobachtet: Diese Patienten beschreiben ein besseres Hören bei der Nutzung nur eines Ohrs [28, 44]. Ein weiterer Parameter, der den Erfolg der bimodalen Versorgung möglicherweise beeinflusst, könnte die Elektrodenabdeckung der Cochlea sein. Hier stellt sich die Frage, ob durch eine größere cochleäre Abdeckung (Cochlear Coverage, CC) monaural mit CI ein besseres tieffrequentes Hören erreicht wird und somit die Interferenzen mit der HG-versorgten Gegenseite vermieden werden können. In der vorliegenden Studie wird das monaurale Sprachverstehen mit dem CI bei bimodal versorgten Patienten in Abhängigkeit von der CC des CI-Elektrodenabdeckers untersucht.

## Material und Methoden

### Patientenkollektiv

Eine monozentrische retrospektive Analyse wurde bei insgesamt 39 bimodal versorgten Patienten durchgeführt, bei denen präoperative und postoperative audiometrische Daten und Röntgenaufnahmen nach Stenvers für die Lagekontrolle der CI-Elektroden (vollständige Insertion) zur Auswertung vorlagen. Die Patienten waren mit einer relativ langen FLEX28- (28 mm, aktive Stimulationslänge 23,1 mm) oder einer sehr langen FLEXOFT-Elektrode (31,5 mm, aktive Stimulationslänge 26,4 mm) der Fa. MED-EL, Innsbruck, Österreich, versorgt [26].

### Cochleäre Abdeckung

Die Bestimmung der CC wurde bei allen Patienten mit der Software OTOPLAN (Fa. CAScination AG, Bern, Schweiz, Version 2) anhand der CT-Aufnahmen durchgeführt (CE-Zertifizierungsnummer: G1 17 10 95657 003). Die Software ermöglicht bei der präoperativen Planung anhand

**Hintergrund:** Der Hörerfolg für Patienten mit bimodaler Versorgung, bestehend aus einem Cochleaimplantat (CI) und einem kontralateralen Hörgerät (HG), ist unterschiedlich. Einige Patienten profitieren von einer bimodalen Versorgung mit CI und HG, andere nicht.

**Ziel der Arbeit:** Ziel war die Untersuchung des Erfolgs beim Sprachverstehen bimodal versorgter Patienten in Abhängigkeit von der cochleären Abdeckung (Cochlear Coverage, CC) durch den CI-Elektrodenabdecker.

**Material und Methoden:** Mittels der Software OTOPLAN (Fa. CAScination AG, Bern, Schweiz) wurde retrospektiv die CC von 39 Patienten anhand präoperativer Computertomographien (CT) des Felsenbeins erhoben, und in die Patienten wurden in 2 Gruppen, zum einen mit einer  $CC \leq 65\%$  ( $CC^{500}$ ) und zum anderen mit einer  $CC > 65\%$  ( $CC^{600}$ ), unterteilt. Das monaurale Sprachverstehen für Einsilber bei 65 dB Schalldruckpegel (Sound Pressure Level, SPL) im Freifeld wurde zu verschiedenen Beobachtungszeitpunkten, präoperativ mit HG und postoperativ mit CI, erfasst und zwischen den Gruppen verglichen. Das Sprachverstehen wurde des Weiteren mit der CC der Gesamtkohorte präoperativ und zum Nachbeobachtungszeitpunkt (NBZ) korreliert.

**Ergebnisse:** Es wurde kein signifikanter Unterschied im Sprachverstehen zwischen Patienten mit  $CC^{500}$  und Patienten mit  $CC^{600}$  zu den einzelnen Beobachtungszeitpunkten festgestellt. Sowohl bei Patienten mit  $CC^{500}$  als auch bei Patienten mit  $CC^{600}$  kam es zu einer stetigen Verbesserung des Sprachverstehens nach der Implantation. Während Patienten mit  $CC^{600}$  im Trend eher eine frühere Verbesserung des Sprachverstehens zeigten, wiesen Patienten mit  $CC^{500}$  tendenziell eine langsamere Verbesserung in den ersten 3 Monaten und danach eine steilere Lernkurve auf. Zum NBZ näherten sich die beiden Patientengruppen ohne signifikante Unterschiede im Sprachverstehen an. Es gab keine signifikante Korrelation zwischen dem unimodalen/unilateralen Sprachverstehen im Freifeld und der CC. Allerdings erreichten v. a. die Patienten, die eine CC von 70–75 % aufwiesen, das maximale Sprachverstehen.

**Schlussfolgerung:** Trotz einer nichtsignifikanten Korrelation zwischen CC und Sprachverstehen schien v. a. die Patientengruppe mit einer Abdeckung von 70–75 % das Maximum im unimodalen/unilateralen Sprachverstehen zu erreichen. Es besteht jedoch Raum für weitere Untersuchungen, da  $CC^{500}$  mit einer kürzeren Cochlear Duct Length (CDL) assoziiert war und in beiden Gruppen lange und sehr lange Elektroden verwendet wurden.

### Schlüsselwörter

Hörgeräte · Prothesen und Implantate · Computertomographie · Insertionstiefe · Sprachaudiometrie

von DICOM®-Datensätzen (Digital Imaging and Communications in Medicine®) die Ausmessung der Cochlea, um z. B. die Insertionstiefe des CI-Elektrodenabdeckers oder die CC zu ermitteln [8].

Alle DICOM®-Datensätze wurden vor dem Hochladen in die Software von einem in Felsenbeinanatomie erfahrenen Radiologen zunächst auf die Qualität der Bildgebung und Malformationen des Felsenbeins untersucht. Ausschlusskriterien waren cochleäre Malformationen, CT-Schichtdicke  $\geq 0,7$  mm sowie Datensätze, die aus technischen Gründen nicht in die Software OTOPLAN übernommen werden konnten.

Anschließend wurde die Cochlea präoperativ mittels der Software in 3 Ebenen gemessen, die bereits in einer vor-

angegangenen Studie von Spiegel et al. ausführlicher beschrieben wurde [39]. Aus den ermittelten Werten „A-Wert“ (maximaler Abstand zwischen dem runden Fenster und der kontralateralen Wand), „B-Wert“ (Abstand zwischen den Wänden der Cochlea senkrecht zur Linie des A-Werts) und „Höhe“ (Abstand senkrecht zur Basalwindung der Cochlea zum Apex) berechnet die Software anhand einer elliptisch-zirkularen Approximation (Elliptic-Circular Approximation, ECA) die Länge des Cochleagangs [35]. Zuletzt wird die CC anhand des zu erwartenden Insertionswinkels (Angular Insertion Depth, AID) aus dem präoperativen CT-Datensatz für die gewählte Elektrode rechnerisch bestimmt und die Frequenz-Ort-Zuordnung in der Cochlea

Tab. 1 Auflistung der häufigsten Ätiologien der Probanden der vorliegenden Studie	
Ätiologie	Anzahl n
M. Menière	6
Hörsturz	3
Vererbung	3
Intracochleäres Schwannom	2
Large-Vestibular-Aqueduct-Syndrom mit Mondini-Malformation	1
Unbekannt	24
Gesamt	39

mit der Greenwood-Funktion anhand der gewählten Elektrode geschätzt [35]. Eine CC von 100 % entspricht dabei 2,5 Windungen der Cochlea und ergibt somit eine AID von 900°. [14]. Alle beschriebenen Messungen wurden von 2 unabhängigen Untersuchern durchgeführt, die sowohl in Bezug auf die Messungen des anderen als auch auf die Elektroden verblindet waren, und die resultierenden Messergebnisse wurden gemittelt.

Zur weiteren Analyse der CC wurden die Probanden unabhängig vom Elektrodentyp in 2 etwa gleich große Vergleichsgruppen eingeteilt, eine mit einer CC von  $\leq 65\%$  (mittlerer AID dieser Kohorte: 498,6°; als CC<sup>500</sup> bezeichnet) und eine mit einer CC von  $> 65\%$  (mittlerer AID dieser Kohorte: 591,1°; als CC<sup>600</sup> bezeichnet).

### Audiometrische Daten

Für die Durchführung der nach DIN EN ISO 8253 genormten Tonschwellenaudiometrie wurden Sinustöne nacheinander in verschiedenen Oktaven zwischen 250 Hz und 8 kHz in Luftleitung sowie Wobbeltöne im Freifeld in einem audiometrisch gedämmten Messraum präsentiert. Das nicht gemessene Gegenohr wurde bei entsprechender Indikation zusätzlich mit einem Rauschen gemäß Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique (CCITT-Rauschen) vertäubt, um ein Überhören des nicht gemessenen Ohrs zu verhindern. In Luftleitung wurden die Töne über einen Kopfhörer ohne HG/CI dargeboten, im Freifeld dagegen über einen Lautsprecher, um die versorgte Hörschwelle mit HG/CI (Aufblähkurve) seitentrennt zu ermitteln. Die daraus resultierenden ge-

hörten präoperativen und postoperativen Werte in Dezibel Hörpegel (Decibel Hearing Level, dB HL), d.h. die unversorgten und versorgten Hörschwellen, wurden miteinander verglichen und beschrieben. Für die postoperativen Werte wurden die aktuellsten Daten zum Hörstatus aus der Patientenakte verwendet, die im Folgenden als Nachbeobachtungszeitpunkt (NBZ) bezeichnet werden.

Das Sprachverstehen, gemessen mit dem nach DIN 45621-1 und DIN 45626-1 genormten Freiburger Sprachtest bei 65 dB Schalldruckpegel (Sound Pressure Level, SPL) [15], wurde ebenfalls retrospektiv aus den elektronischen Patientenakten entnommen.

In dieser Studie wurde das monaurale Einsilbersprachverstehen im implantatversorgten Ohr präoperativ mit HG und postoperativ mit CI-(Audioprozessor) untersucht. Die postoperativen Testzeitpunkte waren bei der Erstanpassung (EA) sowie einen Monat (1M), 3 Monate (3M) und ein Jahr (12M) nach Erstanpassung sowie zum NBZ.

### Statistische Analyse

Zur statistischen Auswertung der Daten wurden Microsoft Excel (Fa. Microsoft, Redmond, WA, USA, Version 2110) und das Statistical Package for Social Sciences (SPSS) Software (Fa. IBM, Armonk, NY, USA, Version 28) verwendet.

Der t-Test für ungepaarte Stichproben wurde für normalverteilte Daten verwendet, um die Mittelwerte der CC und verschiedener Parameter der cochleären Morphologie (CDL, A-Wert, B-Wert und AID) sowie des Sprachverstehens zwischen den Gruppen CC<sup>500</sup> und CC<sup>600</sup> zu vergleichen. Für nicht normalverteilte Daten wurde der Mann-Whitney-U-Test verwendet, um die Medianwerte der cochleären Höhe und des Sprachverstehens zwischen den Gruppen CC<sup>500</sup> und CC<sup>600</sup> zu vergleichen. Zudem wurde der Zusammenhang zwischen Sprachverstehen für Einsilber und CC mithilfe des Pearson-Korrelationskoeffizienten untersucht. Das Signifikanzniveau betrug 0,05.

## Ergebnisse

### Demografie

Das Alter der 39 untersuchten Patienten betrug zum Zeitpunkt der Implantation im Median 65 Jahre (Minimum 15 Jahre, Maximum 90 Jahre). Bei 27 Patienten erfolgte die Implantation mit einer FLEX28- und bei 12 Patienten mit einer FLEXSOFT-Elektrode. Die Ätiologie der hochgradigen Schallempfindungsschwerhörigkeit bis hin zur Ertaubung wird in **Tab. 1** dargestellt.

### Cochleäre Abdeckung

Von den 39 Patienten wiesen 14 eine CC<sup>500</sup> und 25 eine CC<sup>600</sup> auf. Die cochleäre Abdeckung der CC<sup>500</sup>-Gruppe lag im Mittel bei  $60,6 \pm 3,6\%$ , die der CC<sup>600</sup>-Gruppe bei  $73,1 \pm 5,4\%$  und die der gesamten Kohorte bei  $68,6 \pm 7,7\%$ . Neben der CC sind weitere Parameter wie CDL, A- und B-Wert, Höhe und AID in **Tab. 2** aufgelistet. Die t-Tests ergaben signifikante Unterschiede für CC ( $t(37) = -8,61; p < 0,001$ ), CDL ( $t(37) = 3,67; p = 0,001$ ), A-Wert ( $t(37) = 2,74; p = 0,009$ ), B-Wert ( $t(37) = 3,77; p = 0,001$ ), und AID ( $t(37) = -5,96; p < 0,001$ ) zwischen der CC<sup>500</sup>- und der CC<sup>600</sup>-Gruppe. Nur die Höhe ( $U = 116,50; Z = -1,72; p > 0,05$ ) unterschied sich nicht signifikant zwischen den beiden Gruppen.

### Audiometrische Daten

Die Tonaudiometrie in Luftleitung und im Freifeld wurde bei 39 bimodal versorgten Patienten durchgeführt. Dabei zeigt die **Abb. 1a**, dass die gemittelte Luftleitungshörschwelle präoperativ ohne HG für das implantatversorgte Ohr konstant von 57 dB HL bei 125 Hz bis hin zu 115 dB HL bei 8 kHz abfällt, bei einem Pure Tone Average, PTA, (0,5; 1; 2; 4 kHz) von 87,4 dB HL. Auch am nichtimplantatversorgten Gegenohr nahm präoperativ die gemittelte Luftleitungshörschwelle konstant von 39 dB HL bei 125 Hz bis hin zu 92 dB HL bei 8 kHz ab (**Abb. 1b**). Der PTA betrug dabei 59,3 dB HL.

Die versorgte Hörschwelle im Freifeld zeigte am implantatversorgten Ohr mit dem HG präoperativ ebenfalls einen abfallenden Verlauf von 40 dB HL bei 125 Hz auf 75 dB HL bei 8 kHz (PTA = 53,2 dB HL;

**Tab. 2** Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichungen und  $p$ -Werte der t-Tests der morphologischen Parameter der Cochlea der Gruppen CC<sup>500</sup> und CC<sup>600</sup> sowie der gesamten Kohorte

Morphologie	CC <sup>500</sup> (n = 14)		CC <sup>600</sup> (n = 25)		p-Wert	Gesamte Kohorte (n = 39)	
CC (%)	60,6	$\pm 3,6$	73,1	$\pm 5,4$	0,000*	68,6	$\pm 7,7$
CDL (mm)	37,2	$\pm 1,4$	35,0	$\pm 2,0$	0,001*	35,8	$\pm 2,1$
A-Wert (mm)	9,6	$\pm 0,4$	9,2	$\pm 0,4$	0,009*	9,4	$\pm 0,4$
B-Wert (mm)	7,3	$\pm 0,3$	6,7	$\pm 0,5$	0,001*	6,9	$\pm 0,5$
Höhe (mm)	4,3	$\pm 0,2$	4,2	$\pm 0,4$	0,324	4,2	$\pm 0,3$
AID (°)	498,6	$\pm 29,5$	591,1	$\pm 53,5$	0,000*	557,9	$\pm 64,2$

AID Angular Insertion Depth, errechnete Insertionstiefe; CC Cochlear Coverage, cochleäre Abdeckung; CDL Cochlear Duct Length, Länge des cochleären Gangs; n Anzahl; SD Standard Deviation, Standardabweichung  
\*signifikante Werte

**Tab. 3** Mediane und Ränge des Pure Tone Average, PTA, (0,5; 1; 2; 4 kHz) im Freifeld mit dem Cochlea-implantat (CI) und Sprachverstehen für Einsilber bei 65 dB SPL mit dem CI beider Gruppen CC<sup>500</sup> und CC<sup>600</sup> sowie der gesamten Kohorte

	CC <sup>500</sup> (n = 14)		CC <sup>600</sup> (n = 25)		Gesamte Kohorte (n = 39)	
	Median	Wertebereich	Median	Wertebereich	Median	Wertebereich
PTA versorgte Hörschwelle (dB HL)	46,25	36,25–58,75	43,00	30,00–62,50	43,75	30,00–62,50
Sprachverstehen (%)	65	0–90	60	15–95	60	0–95

CC Cochlear Coverage, cochleäre Abdeckung; dB Dezibel; HL Hearing Level, Hörverlust; PTA Pure Tone Average, Reinton, der aus dem Durchschnitt für 0,5; 1; 2 und 4 kHz berechnet wurde; Sprachverstehen Sprachverstehen für Einsilber bei 65 dB SPL (Sound Pressure Level, Schalldruckpegel)

■ **Abb. 1c**). Die Hörschwelle mit dem CI zum NBZ verläuft relativ konstant von 39 dB HL bei 125 Hz bis zu 37 dB HL bei 8 kHz (PTA = 44,7 dB HL; ■ **Abb. 1c**). Der präoperative PTA für das mit HG versorgte Gegenohr betrug im Mittel 49,9 dB HL, der PTA zum NBZ im Mittel 43,9 dB HL (■ **Abb. 1d**). Weitere tonaudiometrische Daten vom implantatversorgten Ohr zum NBZ sind in ■ **Tab. 3** aufgeführt.

Im Test auf Normalverteilung waren alle Datensätze bis auf das Einsilberverstehen der CC<sup>600</sup>-Gruppe zur EA und beim 1M-Termin normalverteilt (Shapiro-Wilk:  $p < 0,001$  und  $p = 0,02$ ). Die t-Tests und Mann-Whitney-U-Tests ergaben keine signifikanten Unterschiede im Sprachverstehen zwischen CC<sup>500</sup> und CC<sup>600</sup> zu den untersuchten Beobachtungszeitpunkten. Die Box-Whisker-Plots in ■ **Abb. 2** zeigen einen Trend, dass sich das Sprachverstehen über die gesamte Kohorte für das implantatversorgte Ohr von 20% des Gruppenmedians bei der präoperativen Messung auf 0% des Gruppenmedians bei EA zunächst zu verschlechtern schien, sich aber postoperativ mit dem CI zu den folgenden Messzeitpunkten 1M nach EA (25%), 3M (30%), 12M (40%) und zum NBZ (60%) stetig zu verbessern schien. Bei der EA schienen die Patienten in der CC<sup>500</sup>-Gruppe bei der Sprachwahrnehmung zunächst besser abzuschneiden (7,5%) als

die Patienten in der CC<sup>600</sup>-Gruppe (0%), allerdings ist dieser Unterschied nicht signifikant. Beim 1M-Termin schien sich jedoch eine leichte Verschlechterung der Sprachwahrnehmung bei den Probanden mit CC<sup>500</sup> (20%) im Vergleich zu den Probanden mit CC<sup>600</sup> (27,5%) zu zeigen. Nach 3M schienen die Probanden mit CC<sup>500</sup> (15%) ein deutlich schlechteres Sprachverstehen als die Probanden mit CC<sup>600</sup> (40%) aufzuweisen. Zwischen dem 3M- und dem 12M-Zeitpunkt schienen die Patienten mit CC<sup>500</sup> (50%) jedoch eine größere Verbesserung des Sprachverstehens zu zeigen als diejenigen mit CC<sup>600</sup> (40%). Beim NBZ schienen sich die beiden Gruppen im Sprachverstehen anzunähern. Weitere Daten zum Sprachverstehen mit dem implantatversorgten Ohr zum NBZ sind in ■ **Tab. 3** aufgeführt.

### Korrelation von cochleärer Abdeckung mit Sprachverstehen

Eine Korrelationsanalyse ergab sowohl präoperativ monaural mit HG ( $n = 14$ ;  $r = -0,16$ ;  $p > 0,05$ ) als auch postoperativ mit dem CI zum NBZ ( $n = 34$ ;  $r = -0,09$ ;  $p > 0,05$ ) keine signifikante Korrelation zwischen Gesamt-CC (gesamte Kohorte aus CC<sup>500</sup> und CC<sup>600</sup>) und Verständlichkeit bei 65 dB SPL. In ■ **Abb. 3** wird dargestellt, dass von Patienten mit einer CC von etwa

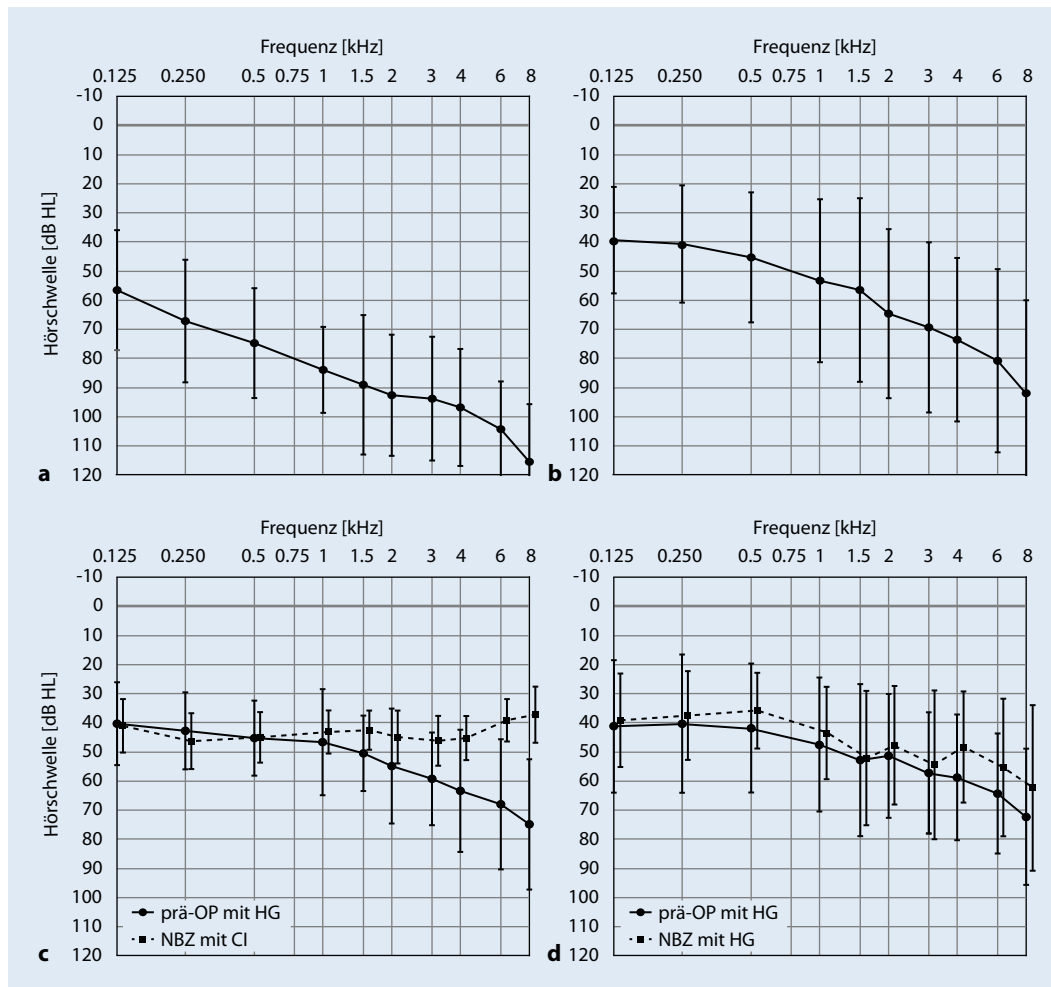
70–75% ein maximales Sprachverstehen innerhalb der gesamten Kohorte erreicht wird.

## Diskussion

### Vorliegende Studie

Das Hauptziel dieser Studie war die Untersuchung eines Zusammenhangs zwischen der cochleären Abdeckung durch den Elektrodenträger bei bimodal mit CI und HG versorgten Patienten und dem monauralen Sprachverstehen für das implantatversorgte Ohr. Für die gesamte Patientengruppe konnte zu keinem Zeitpunkt eine signifikante Korrelation zwischen CC und monauralem Sprachverstehen bestimmt werden.

Im Gegensatz zu der Annahme der Autoren, dass eine vollständige Abdeckung der Cochlea durch den Elektrodenträger (CC = 100%, entspricht einem AID von 900° bzw. einer Insertion von 2,5 Windungen) zu besserem Sprachverstehen führt, wurde in dieser Studie ein Maximum im Sprachverstehen bei etwa 70–75% CC gefunden. Aufgrund der großen interindividuellen Variabilität des Sprachverstehens zu allen Beobachtungszeitpunkten, der geringen, nichtsignifikanten Korrelationskoeffizienten sowie der geringen Fallzahl sind die Ergebnisse jedoch nicht eindeutig in-



**Abb. 1** ◀ Mittelwerte und Standardabweichungen der präoperativen unversorgten Hörschwellen in Luftleitung (a, b) sowie der prä- und postoperativen Aufblähkurven mit Hörgerät (HG) bzw. Cochleaimplantat (CI; c, d). NBZ Nachbeobachtungszeitpunkt, prä-OP präoperativ

terpretierbar. Um die Vermutung des Maximums bei 70–75 % CC bestätigen zu können, sind weitere Studien mit diesem Patientenkollektiv erforderlich. Auch Patienten mit 50–60 % CC sowie 80–90 % CC sollten in zukünftigen Studien berücksichtigt werden, da diese in der vorliegenden Studie unterrepräsentiert sind. Dadurch könnten weitere Einblicke in einen möglichen nicht-linearen Zusammenhang zwischen CC und Sprachverstehen gewonnen werden. Nicht näher untersucht wurde der Einfluss des präoperativen Resthörvermögens auf das Sprachverstehen der Probanden, d. h. ob Probanden mit Resthörvermögen grundsätzlich ein besseres Sprachverstehen erreichen als solche ohne Resthörvermögen und wie sich dies auf die entsprechende CC auswirkt. Insgesamt zeigten sich Unterschiede im Sprachverstehen innerhalb derselben Versuchspersonen zwischen den Testzeitpunkten, die u. a. auf psychobehaviorale Bedingungen wie Motivation oder

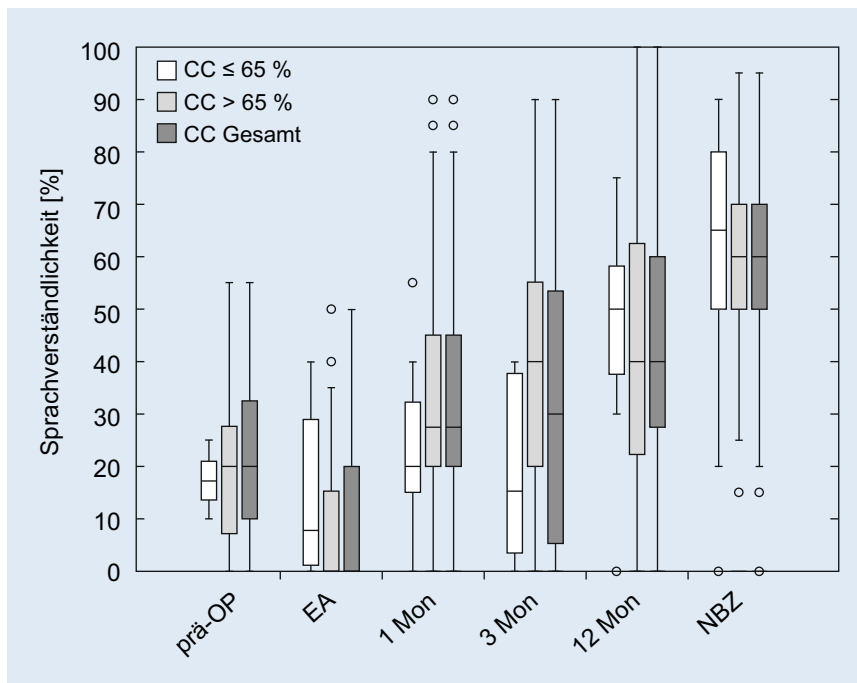
Konzentration zurückzuführen sind. Diese Einflüsse erschweren eindeutige Interpretationen zusätzlich.

Dennoch zeigt die vorliegende Studie, dass sich die Gruppen  $CC^{500}$  und  $CC^{600}$  nach unterschiedlichem Sprachverstehen bei elektrischer Stimulation mittels CI – insbesondere die Gruppe  $CC^{500}$  benötigte anfänglich eine längere Lernphase im Sprachverstehen – mit ähnlichen Medianen und Streuungen sichtbar zum NBZ annähern.

### Vergleich mit anderen Studien

Bisherige Studien sind sich nicht einig, ob es einen Zusammenhang zwischen der cochleären Abdeckung durch den Elektrodenträger und dem monauralen Sprachverstehen mit CI gibt. So fanden Doubi et al. [12], die prälingual ertaubte Kinder unter 7 Jahren in 2 Gruppen aufteilten, 3 Jahre postoperativ keinen signifikanten Unterschied im Sprachverstehen mit CI,

u. a. im Speech Intelligibility Rating Test, zwischen einer Gruppe mit  $CC < 85\%$  und einer mit  $CC \geq 85\%$ . Sie schlossen daraus, dass eine Stimulation des apikalsten Bereichs der Cochlea keinen Vorteil für das Sprachverstehen bringt. Andere Studien haben eine mit der CC vergleichbare Metrik, die Insertionstiefe AID, verwendet und ihren Zusammenhang mit dem Sprachverstehen untersucht. Mehrheitlich wurde dabei über keine Korrelation zwischen den beiden Messgrößen berichtet [19, 20, 25, 37, 42, 43]. Ein gutes systematisches Review früherer Studien findet sich in der Arbeit von Heutink et al. [17], dabei wurde in 6 von 7 Studien keine signifikante Korrelation [19, 20, 25, 37, 42, 43] festgestellt. Andere Studien zeigten allerdings, dass die Insertionstiefe und das Sprachverstehen zusammenhängen. So berichteten O’Connel et al. [30] über eine signifikante positive Korrelation bei postlingual ertaubten Erwachsenen, gemessen



**Abb. 2** ▲ Box-Whisker-Plots des Sprachverstehens für Einsilber bei 65 dB SPL der Patientengruppen mit einer cochleären Abdeckung (CC) von  $CC \leq 65\%$  ( $CC^{500}$ ),  $CC > 65\%$  ( $CC^{600}$ ) und der gesamten Kohorte ( $CC \text{ Gesamt} = CC^{500} + CC^{600}$ ) zu verschiedenen Beobachtungszeitpunkten – präoperativ (*prä-OP*), zur Erstanpassung (*EA*) sowie einen Monat (*1 Mon*), 3 Monate (*3 Mon*) und 12 Monate (*12 Mon*) nach EA und zum Nachbeobachtungszeitpunkt (*NBZ*). Kreise kennzeichnen Ausreißer

12–16 Monate postoperativ, mit einem Anstieg des englischsprachigen Consonant-Nucleus-Consonant-Score (CNC-Score) bei 60 dB(A) um 0,6 % pro 10° AID. Zu ähnlichen Ergebnissen mit positiver Korrelation kamen Canfarotta et al. [7] auf der Basis des CNC-Scores von unilateral mit CI versorgten Erwachsenen, gemessen 12 Monate nach der EA, und Heutink et al. [18] anhand des niederländischen Konsonant-Vokal-Konsonant-Tests, gemessen bei erwachsenen CI-Trägern mit mindestens einem Jahr unilateraler Hörerfahrung. Dem stehen Ergebnisse von Ketterer et al. [23] aus einer Studie gegenüber, in der erwachsene CI-Träger u. a. mit dem Freiburger Einsilbertest bei 65 dB SPL in regelmäßigen Abständen untersucht wurden; der Studie zufolge gab es Hinweise auf einen negativen signifikanten Zusammenhang, d. h. eine Abnahme des Sprachverstehens mit zunehmender Insertionstiefe ... Obwohl in der vorliegenden Studie kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Insertionstiefe und dem monauralen Sprachverstehen des implantatversorgten Ohrs gefunden wurden, scheint es hier einen negativen Einfluss größerer Insertionstie-

fen  $> 75\%$  auf das Sprachverstehen zu geben. Eine mögliche Erklärung dafür ist eine höhere Wahrscheinlichkeit, bei einer tieferen Insertion eventuell vorhandenes Restgehör zu schädigen. Ketterer et al. [23] führte ihre Ergebnisse auf windungsübergreifende Stimulation zurück, welche bei tief inserierten apikalen Elektroden auftreten kann. Allerdings wiesen in der Studie von Ketterer et al. [23] nur etwa 10 Ohren von 495 eingeschlossenen (etwa 2 %) eine CC von mehr als 75 % auf, womit diese tiefe Insertion eher unterrepräsentiert ist. Außerdem kann möglicherweise ein besseres präoperatives Sprachverstehen zu einem besseren postoperativen Sprachverstehen mit CI führen.

Ein Vorteil der elektrischen Stimulation im Apex der Cochlea ist die bessere Wahrnehmung von tiefen Tönen, was besonders bei der Musikempfindung ins Gewicht schlägt. Beim Hören von Musik erlebte eine gemischte Kohorte aus bilateralen und SSD-CI-Nutzern mit längeren Elektroden (31,5 mm) aufgrund der umfangreicheren apikalen Stimulation eine bessere Wahrnehmung der tieferen Frequenzen im Vergleich zu Nutzern mit 7,5 mm kürzeren

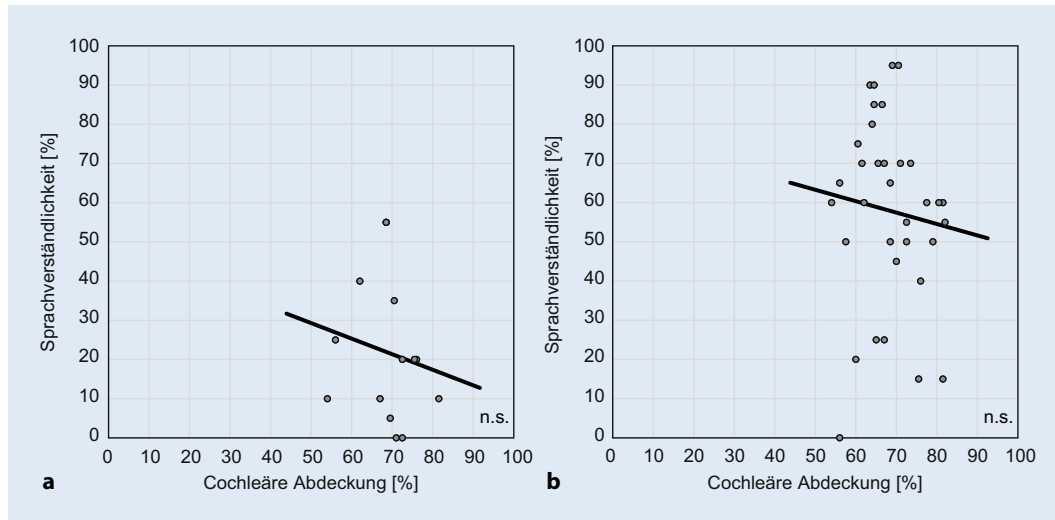
Elektroden (24 mm) [34], was eine verbesserte Klangqualitätsdiskrimination (Sound Quality Discrimination) für Patienten mit langen Elektrodenrähern bedeutet.

Speck et al. [38] haben in einer Studie die Auswirkungen unterschiedlicher Elektrodenlängen (aktive Stimulationslänge: 15,0 mm vs. 19,1 mm vs. 23,1 mm) auf die Sprachverständlichkeitsschwellen (SVS) bei SSD-Patienten untersucht. Die SVS wurde in 2 verschiedenen Störgeräuschbedingungen untersucht: einmal mit Sprache und Störgeräusch von vorn (SONO) und einmal mit Sprache auf der implantatversorgten Seite und Störgeräusch auf der normalhörenden Seite. In beiden Konditionen wurde kein signifikanter Unterschied in der SVS zwischen den Elektrodenrähern festgestellt.

Gerade für bimodale CI-Nutzer, die auf der kontralateralen Seite ein HG tragen, sowie für einseitig ertaubte CI-Nutzer kann daher eine tiefe Insertion zu einem natürlicheren Hörempfinden sorgen, da die Elektroden der tieferen Frequenzen näher an die apikalen Spiralganglienzellen heranreichen, die nach Greenwoods Frequenz-Ort-Zuordnung in der Cochlea diesen tiefen Frequenzen entsprechen [14]. Dies ist vermutlich der Grund, warum in dieser Studie Patienten sich mit einer tieferen Insertion schneller an das Hören mit dem CI gewöhnen und dadurch den Lernprozess schneller durchlaufen als die Patienten mit einer geringeren Insertion, da das über das CI wahrgenommene Klangfeld in der Tonhöhe weniger verschoben ist. Ob dies für alle postlingual ertaubten Patienten der Fall ist, bleibt jedoch zu prüfen.

#### Fazit für die Praxis

- In der vorliegenden Studie wurde kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem monauralen Einsilbersprachverstehen unilateral mit dem Cochleaimplantat (CI) und der cochleären Abdeckung (CC) durch den CI-Elektrodenrähler von bimodal (mit CI und Hörgerät, HG) versorgten Patienten festgestellt.
- Ein Trend war erkennbar: Das Sprachverstehen nimmt mit ansteigender CC zu bis zu einem Maximum bei etwa 70–75 % zu und fällt bei weiter ansteigender CC wieder ab.
- Der Grund für die Abwesenheit eines signifikanten Zusammenhangs kann die große Streuung in einem kleinen Patientenkollektiv und damit zu geringer



**Abb. 3** ◀ Streudiagramm, Regressionsgerade (*durchgezogene Linie*) sowie die Ergebnisse der Korrelationsanalyse ( $r, p$ ) zwischen cochleärer Überdeckung und Sprachverstehen bei 65 dB SPL der implantat-versorgten Seite präoperativ mit Hörgerät (HG; a) und zum Nachbeobachtungszeitpunkt mit Cochleaimplantat (CI; b). n.s. nicht signifikant

statistischer Power der Studie sowie ein möglicher nichtlinearer Zusammenhang zwischen CC und Sprachverstehen sein, für dessen Analyse die lineare Pearson-Korrelation, auch teilweise bedingt durch die Kovariation des Elektrodenträgers (FLEX28, FLEXSOFT), nicht geeignet ist.

- Es wurde gezeigt, dass Patienten mit einer größeren Insertionstiefe schnellere Lernerfolge erzielen.
- Trotz unterschiedlicher  $CC^{500}/CC^{600}$ -Mittelwerte ( $59,2 \pm 28,4\%/47,1 \pm 21,9\%$ ) und Mediane (65%/60%) war allerdings langfristig kein signifikanter Unterschied im Sprachverstehen ersichtlich.
- Für die Praxis erweist sich damit die präoperative Ausmessung der Cochlea und individualisierte Elektrodenauswahl als vorteilhaft, um alle Patienten mit einer optimalen individuellen Elektrodenlänge zu versorgen.
- Eine CC von 70–75% zeigte sich in dieser Studie als guter Referenzpunkt für die anzustrebende cochleäre Abdeckung.

#### Korrespondenzadresse

##### Prof. Dr.-Ing. Tobias Rader

Abteilung Audiologie, Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, LMU Klinikum der Universität München  
Marchioninistr. 15, 81377 München, Deutschland  
tobias.rader@med.uni-muenchen.de

**Author Contribution.** T. Rader konzipierte die Studie, schrieb die Arbeit, gestaltete die Grafiken und sorgte für eine kritische Überarbeitung. L. Schrank sammelte die Daten, wertete sie aus, schrieb die Arbeit und sorgte für eine kritische Überarbeitung. J. L. Spiegel konzipierte die Studie, sammelte die Daten, schrieb die Arbeit und sorgte für eine kritische Überarbeitung. P. Nachtigäller schrieb die Arbeit,

gestaltete die Grafiken und sorgte für eine kritische Überarbeitung. J. E. Spiro, J.-M. Hempel, M. Canis und J. Müller sorgten für eine kritische Überarbeitung. Alle Autoren diskutierten die Ergebnisse und Implikationen und kommentierten das Manuskript in allen Phasen.

**Funding.** Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

#### Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** T. Rader und J.L. Spiegel erhielten Unterstützung bei Fortbildungskosten durch die Firmen MED-EL GmbH, Innsbruck, Österreich, und Cochlear Deutschland GmbH & Co. KG, Hannover, Deutschland. L. Schrank, P. Nachtigäller, J.E. Spiro, J.-M. Hempel, M. Canis und J. Müller geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht. Für den Inhalt und das Schreiben der Arbeit sind allein die Autor\*innen verantwortlich.

Alle in diesem Manuskript beschriebenen retrospektiven Analysen wurden von der zuständigen Ethikkommission der Ludwig-Maximilians-Universität München (Geschäftszeichen 19-562) genehmigt und in Übereinstimmung mit der nationalen Gesetzgebung sowie der Deklaration von Helsinki von 1975 (in der aktuellen, überarbeiteten Fassung) durchgeführt [2].

**Open Access.** Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Ma-

terials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

#### Literatur

- Arndt S, Laszig R, Aschendorff A, Hassepass F, Beck R, Wesarg T (2017) Cochlea-Implantat-Versorgung von Patienten mit einseitiger Taubheit oder asymmetrischem Hörverlust. HNO 65(2):98–108. <https://doi.org/10.1007/s00106-016-0297-5>
- World Medical Association (2022) Declaration of Helsinki—ethical principles for medical research involving human subjects
- Battmer R-D, Scholz S, Gazibegovic D, Ernst A, Seidl RO (2020) Comparison of a mid scala and a perimodiolar electrode in adults: performance, impedances, and psychophysics. Otol Neurotol 41(4):467–475. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000002579>
- Bernstein JGW, Goupell MJ, Schuchman GI, Rivera AL, Brungart DS (2016) Having two ears facilitates the perceptual separation of concurrent talkers for bilateral and single-sided deaf cochlear implantees. Ear Hear 37(3):289–302. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000284>
- Beyea JA, McMullen KP, Harris MS, Houston DM, Martin JM, Bolster VA, Adunka OF, Moberly AC (2016) Cochlear implants in adults: effects of age and duration of deafness on speech recognition. Otol Neurotol 37(9):1238–1245. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000001162>
- Bruce IA, Todt I (2018) Hearing preservation cochlear implant surgery. Adv Otorhinolaryngol 81:66–73. <https://doi.org/10.1159/000485544>
- Canfarotta MW, Dillon MT, Brown KD, Pillsbury HC, Dedmon MM, O'Connell BP, O'Connell BP (2022) Insertion depth and cochlear implant speech recognition outcomes: a comparative study of 28- and 31.5-mm lateral wall arrays. Otol Neurotol 43(2):183–189. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000003416>
- CAScination <https://www.cascination.com/en/otoplan>. Zugegriffen: 01.12.2022
- Cullington HE, Zeng F-G (2011) Comparison of bimodal and bilateral cochlear implant users on

- speech recognition with competing talker, music perception, affective prosody discrimination, and talker identification. *Ear Hear* 32(1):16–30. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e3181edfbd2>
10. Dhanasingh A, Hochmair I (2021) Special electrodes for demanding cochlear conditions. *Acta Otolaryngol* 141(1):157–177. <https://doi.org/10.1080/00016489.2021.1888506>
  11. Döge J, Baumann U, Weissgerber T, Rader T (2017) Single-sided deafness: impact of cochlear implantation on speech perception in complex noise and on auditory localization accuracy. *Otol Neurotol* 38(10):e563–e569. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000001520>
  12. Doubi A, Almuhawes F, Alzhrani F, Doubi M, Aljutaili H, Hagr A (2019) The effect of cochlear coverage on auditory and speech performance in cochlear implant patients. *Otol Neurotol* 40(5):602–607. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000002192>
  13. Erixon E, Rask-Andersen H (2013) How to predict cochlear length before cochlear implantation surgery. *Acta Otolaryngol* 133(12):1258–1265. <https://doi.org/10.3109/00016489.2013.831475>
  14. Greenwood DD (1990) A cochlear frequency-position function for several species—29 years later. *J Acoust Soc Am* 87(6):2592–2605. <https://doi.org/10.1121/1.399052>
  15. Hahlbrock K-H (1953) Über Sprachaudiometrie und neue Wörterteste. *Archiv f Ohren-, Nasen- u Kehlkopfheilkunde* 162(5):394–431. <https://doi.org/10.1007/BF02105664>
  16. Helbig S, Helbig M, Leinung M, Stöver T, Baumann U, Rader T (2015) Hearing preservation and improved speech perception with a flexible 28-mm electrode. *Otol Neurotol* 36(1):34–42. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000000614>
  17. Heutink F, de Rijk SR, Verbist BM, Huinck WJ, Mylanus EAM (2019) Angular electrode insertion depth and speech perception in adults with a cochlear implant: a systematic review. *Otol Neurotol* 40(7):900–910. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000002298>
  18. Heutink F, Verbist BM, van der Woude W-J, Meulman TJ, Briaire JJ, Frijns JHM, Vart P et al (2021) Factors influencing speech perception in adults with a cochlear implant. *Ear Hear* 42(4):949. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000988>
  19. Hilly O, Smith L, Hwang E, Shipp D, Symons S, Nedzelski JM, Chen JM, Lin VYW (2016) Depth of cochlear implant array within the cochlea and performance outcome. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 125(11):886–892. <https://doi.org/10.1177/0003489416660111>
  20. HoldenLK, FinleyCC, FirsztJB, HoldenTA, BrennerC, Potts LG, Gotter BD, Vanderhoof SS, Mispagel K, Heydebrand G, Skinner MW (2013) Factors affecting open-set word recognition in adults with cochlear implants. *Ear Hear* 34(3):342–360. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e3182741aa7>
  21. Hoppe U, Hocke T, Digeser F (2018) Bimodal benefit for cochlear implant listeners with different grades of hearing loss in the opposite ear. *Acta Otolaryngol* 138(8):713–721. <https://doi.org/10.1080/00016489.2018.1444281>
  22. von Ilberg CA, Baumann U, Kiefer J, Tillein J, Adunka OF (2011) Electric-acoustic stimulation of the auditory system: a review of the first decade. *Audiol Neurootol* 16(2):1–30. <https://doi.org/10.1159/000327765>
  23. Ketterer MC, Aschendorff A, Arndt S, Beck R (2022) Electrode array design determines scalar position, dislocation rate and angle and postoperative speech perception. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 279(9):4257–4267. <https://doi.org/10.1007/s00405-021-07160-2>
  24. MacPhail ME, Connell NT, Totten DJ, Gray MT, Pisoni D, Yates CW, Nelson RF (2022) Speech recognition outcomes in adults with slim straight and slim modiolar cochlear implant electrode arrays. *Otolaryngol Head Neck Surg* 166(5):943–950. <https://doi.org/10.1177/01945998211036339>
  25. Marrinan MS, Roland JT, Reitzen SD, Waltzman SB, Cohen LT, Cohen NL (2004) Degree of modiolar coiling, electrical thresholds, and speech perception after cochlear implantation. *Otol Neurotol* 25(3):290–294. <https://doi.org/10.1097/00129492-200405000-00015>
  26. MED EL Electronics (2020) Designed for atraumatic implantation providing superior hearing performance. <https://s3.medel.com/pdf/21617.pdf>. Zugriffen:01.12.2022
  27. Mewes A, Brademann G, Hey M (2020) Comparison of perimodiolar electrodes: imaging and electrophysiological outcomes. *Otol Neurotol* 41(7):e934–e944. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000002790>
  28. Mok M, Grayden D, Dowell RC, Lawrence D (2006) Speech perception for adults who use hearing aids in conjunction with cochlear implants in opposite ears. *J Speech Lang Hear Res* 49(2):338–351. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2006/0277\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2006/0277))
  29. Nordfalk KF, Rasmussen K, Hopp E, Bunne M, Silvola JT, Jablonski GE (2016) Insertion depth in cochlear implantation and outcome in residual hearing and vestibular function. *Ear Hear* 37(2):e129–37. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000241>
  30. O'Connell BP, Cakir A, Hunter JB, Francis DO, Noble JH, Labadie RF, Zuniga G, Dawant BM, Rivas A, Wanna GB (2016) Electrode location and angular insertion depth are predictors of audiologic outcomes in cochlear implantation. *Otol Neurotol* 37(8):1016–1023. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000001125>
  31. Rader T, Fastl H, Baumann U (2013) Speech perception with combined electric-acoustic stimulation and bilateral cochlear implants in a multisource noise field. *Ear Hear* 34(3):324–332. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e318272f189>
  32. Rader T, Döge J, Adel Y, Weissgerber T, Baumann U (2016) Place dependent stimulation rates improve pitch perception in cochlear implantees with single-sided deafness. *Hear Res* 339:94–103. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2016.06.013>

## Speech perception as a function of cochlear coverage—comparison in bimodally hearing cochlear implant patients. German version

**Background:** Hearing success in bimodally hearing patients with a cochlear implant (CI) and a hearing aid (HA) exhibits different results: while some benefit from bimodal CI and HA, others do not.

**Objective:** The aim of this study was to investigate hearing success in terms of speech perception in bimodally fitted patients in relation to the cochlear coverage (CC) of the CI electrodes.

**Materials and methods:** Using the OTOPLAN software (CAScination AG, Bern, Switzerland), CC was retrospectively measured from CT scans of the temporal bone of 39 patients, who were then categorized into two groups:  $CC \leq 65\%$  ( $CC^{500}$ ) and  $CC > 65\%$  ( $CC^{600}$ ). Monaural speech intelligibility for monosyllables at a sound pressure level (SPL) of 65 dB in open field was assessed at various timepoints, preoperatively with HA and postoperatively with CI, and compared between the groups. In addition, speech intelligibility was correlated with CC in the entire cohort before surgery and during follow-up (FU).

**Results:** Overall, no significant differences in speech intelligibility were found between  $CC^{500}$  and  $CC^{600}$  patients at any of the FU timepoints. However, both  $CC^{500}$  and  $CC^{600}$  patients showed a steady improvement in speech intelligibility after implantation. While  $CC^{600}$  patients tended to show an earlier improvement in speech intelligibility,  $CC^{500}$  patients tended to show a slower improvement during the first 3 months and a steeper learning curve thereafter. The two patient groups converged during FU, with no significant differences in speech intelligibility. There was no significant relationship between unimodal/unilateral free-field speech intelligibility and CC. However, patients with a CC of 70–75% achieved maximum speech intelligibility.

**Conclusion:** Despite a nonsignificant correlation between CC and speech discrimination, patients seem to reach their maximum in unimodal/unilateral speech understanding mainly at 70–75% coverage. However, there is room for further investigation, as  $CC^{500}$  was associated with a shorter cochlear duct length (CDL), and long and very long electrodes were used in both groups.

### Keywords

Hearing aids · Protheses and implants · Computed tomography scan · Insertion depth · Speech audiometry



33. Rask-Andersen H, Liu W, Erixon E, Kinnefors A, Pfaller K, Schrott-Fischer A, Glueckert R (2012) Human cochlea: anatomical characteristics and their relevance for cochlear implantation. *Anat Rec* 295(11):1791–1811. <https://doi.org/10.1002/ar.22599>
34. Roy AT, Penninger RT, Pearl MS, Wuerfel W, Jiradejvong P, Carver C, Buechner A, Limb CJ (2016) Deeper cochlear implant electrode insertion angle improves detection of musical sound quality deterioration related to bass frequency removal. *Otol Neurotol* 37(2):146–151. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000000932>
35. Schurzig D, Timm ME, Batsoulis C, Salcher R, Sieber D, Jolly C, Lenarz T, Zoka-Assadi M (2018) A novel method for clinical cochlear duct length estimation toward patient-specific cochlear implant selection. *OTO Open* 2(4):2473974X18800238. <https://doi.org/10.1177/2473974X18800238>
36. Sennaroglu L, Sarac S, Ergin T (2006) Surgical results of cochlear implantation in malformed cochlea. *Otol Neurotol* 27(5):615–623. <https://doi.org/10.1097/01.mao.0000224090.94882.b4>
37. De Seta D, Nguyen Y, Bonnard D, Ferrary E, Godey B, Bakhos D, Mondain M, Deguine O, Sterkers O, Bernardeschi D, Mosnier I (2016) The role of electrode placement in bilateral simultaneously cochlear-implanted adult patients. *Otolaryngol Head Neck Surg* 155(3):485–493. <https://doi.org/10.1177/0194599816645774>
38. Speck I, Ketterer MC, Arndt S, Aschendorff A, Jakob TF, Hassepas F (2021) Comparison of speech recognition and localization ability in single-sided deaf patients implanted with different cochlear implant electrode array designs. *Otol Neurotol* 42(1):e22–e32. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000002864>
39. Spiegel JL, Polteraue D, Hempel J-M, Canis M, Spiro JE, Müller J (2022) Variation of the cochlear anatomy and cochlea duct length: analysis with a new tablet-based software. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 279(4):1851–1861. <https://doi.org/10.1007/s00405-021-06889-0>
40. Spirrov D, Kludt E, Verschueren E, Büchner A, Francart T (2020) Effect of (mis)matched compression speed on speech recognition in bimodal listeners. *Trends Hear* 24:2331216520948974. <https://doi.org/10.1177/2331216520948974>
41. Távora-Vieira D, Rajan G, Van de Heyning P, Mertens G (2021) Quality standards for adult cochlear implantation in single-sided deafness and asymmetric hearing loss. *B-ENT* 16(4):209–216. <https://doi.org/10.5152/B-ENT.2021.20172>
42. van der Beek FB, Boermans PPBM, Verbist BM, Briare JJ, Frijns JHM (2005) Clinical evaluation of the Clarion CII HiFocus 1 with and without positioner. *Ear Hear* 26(6):577–592. <https://doi.org/10.1097/01.aud.0000188116.30954.21>
43. van der Marel KS, Briare JJ, Verbist BM, Muurling TJ, Frijns JHM (2015) The influence of cochlear implant electrode position on performance. *Audiol Neurootol* 20(3):202–211. <https://doi.org/10.1159/000377616>
44. Wess JM, Brungart DS, Bernstein JGW (2017) The effect of interaural mismatches on contralateral unmasking with single-sided vocoders. *Ear Hear* 38(3):374–386. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000374>
45. Zirn S, Arndt S, Aschendorff A, Wesarg T (2015) Interaural stimulation timing in single sided deaf cochlear implant users. *Hear Res* 328:148–156. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2015.08.010>
46. Zirn S, Angermeier J, Arndt S, Aschendorff A, Wesarg T (2019) Reducing the device delay

mismatch can improve sound localization in bimodal cochlear implant/hearing-aid users. *Trends Hear* 23:2331216519843876. <https://doi.org/10.1177/2331216519843876>

## Termine



## HNO-Veranstaltungen

Liebe Leserinnen und Leser,

Informationen zu den nächsten Jahrestagungen der DGHNO-KHC finden Sie hier: <https://www.hno.org/veranstaltungen/ankuendigungen.html>



Weitere Veranstaltungen finden Sie unter: <https://www.hno.org/veranstaltungen/index.html>



Headerbild: © kasto80 / Getty Images / iStock