

# Kochleaimplantatversorgung von Kindern und Erwachsenen

Thomas Zahnert, Dirk Mürbe



In Deutschland werden jährlich etwa 4000 Patienten mit einem Kochleaimplantat versorgt. Während noch vor Jahren schwerhörige ältere Menschen mit konventionellen Hörgeräten und progredientem Hörverlust bei unzureichendem Sprachverständnis mit dem Risiko der sozialen Isolation leben mussten, können heute Cochleaimplantate als Folgeglied in der Hörsystemversorgung mit hoffnungsvollen Ergebnissen auch bei im fortgeschrittenen Alter angesehen werden. Auch bei Kindern ergeben sich neue Indikationen, mit besonderen Anforderungen in der Rehabilitation.

## Einleitung

Die Entwicklung und Anwendung von Kochleaimplantaten gehört zu den großen Erfolgsgeschichten der Medizintechnik. Erstmals ist es gelungen, ein Sinnesorgan durch Elektrostimulation prothetisch zu ersetzen. Während bisherige Nervenstimulatoren Muskelkontraktionen zum Ziel hatten, kann das Kochleaimplantat über die Reizung eines Sinnesnervs die Wahrnehmung von Tönen und Sprache realisieren. Doch nicht nur die Innovation in der medizintechnischen Entwicklung ist beeindruckend. In Deutschland werden jährlich etwa 4000 Patienten mit einem Kochleaimplantat versorgt, sodass auch entgegen aller anfänglichen Skepsis der versorgungsmedizinische Aspekt in der Hörer rehabilitation der Cochlea einen beeindruckenden Verlauf genommen hat.

Etwa 70% der versorgten Patienten sind heute Erwachsene mit unzureichender cochleärer Reserve für konventionelle Hörgeräte, 30% sind Kinder mit angeborenen oder erworbenen Hörstörungen. Der Versorgungsprozess ist mehr denn je eine interdisziplinäre Leistung, die an Zentren in einem Team von HNO-Ärzten, Pädaudiologen, Ingenieuren, Sprachtherapeuten und Pädagogen geleistet wird.

Der Facharzt für HNO-Heilkunde erfüllt in diesem Team eine Schlüsselfunktion. Er trägt die Verantwortung für die Indikationsstellung und chirurgische Durchführung der Implantation sowie für die postoperative Überwachung des Heilungsprozesses. Da keine Implantation ohne ein Rehabilitationskonzept durchgeführt werden darf, sollte er wei-

terhin Kenntnisse über die Grundzüge der rehabilitativen Strategien im Erwachsenen- und Kindesalter besitzen.

Der hier dargelegte Fortbildungsartikel bezieht sich auf die Grundzüge der Indikationsstellung, der präoperativen Maßnahmen, der Operation, der postoperativen Nachsorge, der Rehabilitation und der lebenslangen Nachsorge mit dem Ziel, das für den Facharzt notwendige Mindestwissen zu vermitteln.

## Geschichte der Hörnervenstimulation

Bereits nach der Entdeckung der Elektrizität wurde versucht über Stimulation des Körpers mit galvanischen Strömen einen medizinischen Nutzen aus dieser Entdeckung zu ziehen. Dazu zählen auch Experimente von Volta (1745–1827), der versuchte, über den kochsalzgefüllten Gehörgang über Gleichspannung einen Stromfluss zum Innenohr mit Wirkung auf das gesunde oder erkrankte Gehör zu erzielen [1]. Obwohl Volta eine Hörsensation bereits wahrnehmen konnte, waren auch die folgenden Versuche mit Wechselstrom nicht darauf gerichtet, das Mittel- und Innenohr über einen elektrischen Bypass zu ersetzen. Vielmehr dienten diese empirischen Experimente der Untersuchung der Physiologie des Hörorgans. Man muss sich vor Augen halten, dass zu diesem Zeitpunkt weder die Funktion der Cochlea als mechanoelektrischer Wandler bekannt war, noch die Möglichkeit bestand, kleinste Hirnnervenströme messtechnisch zu erfassen oder aufzuzeichnen.

Die ersten erfolgreichen Versuche zur direkten elektrischen Stimulation des Hörnervs am Menschen wurden 1950 durch den Schweden Lundberg während einer neurochirurgischen Operation mit elektrischen Sinusimpulsen durchgeführt, wobei der Patient eine Geräuschwahrnehmung angab [2]. Durch diese Ergebnisse ermutigt, waren es der Physiker Djournou und der Otologe Eyriès aus Paris, die erstmalig über eine Drahtelektrode Wechselströme im Tierversuch und später am ertaubten Menschen an den freigelegten Hörnerven applizierten. Dabei gaben die Patienten an, Hörsensationen wie „Grillen zirpen“, „Knirschen und Trillerpfeifen“ bei der Stimulation wahrzunehmen. Es wurde sogar nach einem Training das Erkennen von Wörtern beim Lippenlesen verbessert [1]. Auch in Deutschland gab es dokumentierte Überlegungen und Vorversuche von Zöllner und Keidel über eine Kochleostomie mit einer Elektrode in die Scala vestibuli mit einer Anzahl von 10–20 Elektroden zu gelangen, um die Nervenfasern elektrisch zu reizen [1]. William House aus Boston, der die Versuche von Eyriès und Djournou in Paris verfolgte, ist es letztlich zu verdanken, dass die Stimulation des Hörnervs in die klinische Versorgung übernommen wurde. 1961 gelang ihm die erste intrakochleäre Reizstimulation bei einem Patienten mit Taubheit [2]. Relativ schnell wurden insgesamt 16 Patienten anschließend mit einem Kochleaimplantat versorgt.

Alle Stimulationen erfolgten bis dato mit analoger Technik und einkanaliger Signalübertragung. Zudem waren die Implantate mit transkutanen Steckverbindungen versehen, sodass ein permanentes Infektionsrisiko bestand. Erst durch Entwicklungen von Clark in Melbourne 1978 gelang der Einsatz der transkutanen Signalübertragung in der klinischen Routineanwendung sowie der Einsatz eines mehrkanaligen Geräts. Obwohl mit der analogen Technik bereits einzelne Wörter auch ohne Lippenablesen zu verstehen waren, gelang der Durchbruch erst nach Einführung der digitalen Signalverarbeitung. Durch die Einführung der digitalen Technik ist es gelungen, das Sprachsignal so aufzuarbeiten, dass es einer physiologischen Hörnervenstimulation über mehrere Frequenzen deutlich näher kommt.

In Deutschland wurden erstmals 1984 4 Patienten mit einem Kochleaimplantat versorgt. Nach Vorüberlegungen von Zöllner und Keidel 1963 zur intrakochleären mehrkanaligen Stimulation war es v. a. Lehnhardt, der das in Australien entwickelte Nucleus-System in Deutschland einführte und eine systematische klinische Versorgung etablierte. Nachdem 1985 die ersten Kinder in Australien operiert wurden, kam es 1986 auch zu Implantationen der ersten Kinder in Deutschland durch Lehnhardt. Bis Anfang der 1990er Jahre waren es zumeist Kinder nach Meningitis, bei denen infolge der Ertaubung implantiert wurde [3]. Bis 1989 war man der Auffassung, dass nur bei postlingual und perilingual ertaubten Kindern ab dem 3. Lebensjahr eine CI-Versorgung zu befürworten sei [3]. Erst später wurde die Indikation für Kinder und Säuglinge mit angeborener Taubheit erweitert, und der Indikationswandel hält weiter an.

## Aufbau und Funktionsweise eines Kochleaimplantats

### Merke

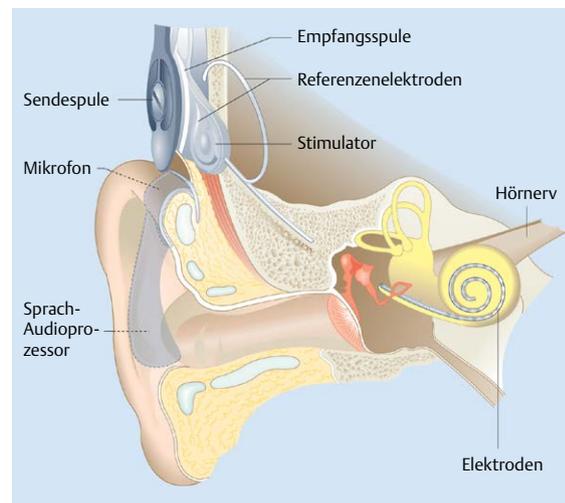
**Kurzgefasst ist ein Kochleaimplantat ein elektrischer Hirnnervenstimulator.**

Dabei werden Schallsignale über ein Mikrofon aufgenommen, in einem Audioprozessor digital verarbeitet und über eine Induktionsspule unter die Kopfhaut übertragen. Das eigentliche Implantat liegt nicht – wie der Name vermuten lässt – in der Cochlea, sondern in einem Knochenbett hinter dem Ohr (► **Abb. 1**). Hier wird das Signal von der Induktionsspule empfangen, weiterverarbeitet und über einen Elektrodenträger in die Cochlea geleitet. Die Abstrahlung des elektrischen Signals erfolgt typischerweise in der Scala tympani über einen Elektrodenträger mit 12–22 Platinelektroden. Dabei wird durch die Anordnung der Elektrodenplättchen in der Cochlea versucht, die Tonotopie der natürlichen Schalltransduktion nachzubilden – d. h. elektrische Stimulation an der Basis der Cochlea soll hohe Töne – und Stimulation an der Cochleaspitze tiefe Frequenzen stimulieren. Neben dem tonotopen Stimulationsprinzip gibt es zahlreiche Stimulationsmuster mit rascher zeitlicher Signalveränderung (Impulsdauer) und Ansteuerung verschiedener Elektroden.

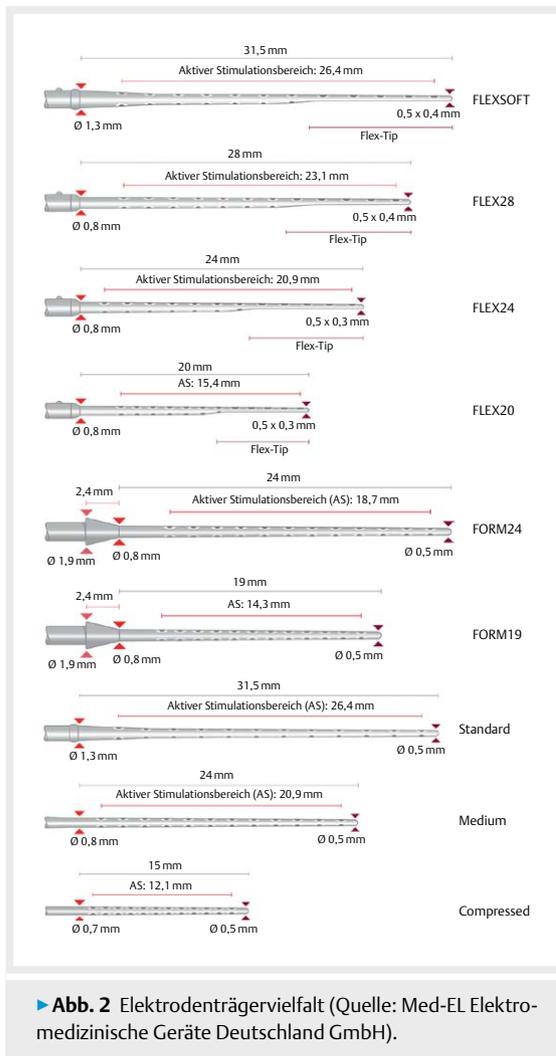
### Merke

**Funktionell ist das Kochleaimplantat ein Bypass, welcher das äußere Ohr, das Mittelohr und die Funktion der Haarzellen überbrückt.**

Dass es sich dabei um eine unvollständige Wiederherstellung der natürlichen Hörleistung handelt, ist bereits aus der niedrigen Anzahl der Stimulationselektroden gegenüber den 15 000 Haarzellen abzulesen. Durch die Entwick-



► **Abb. 1** Funktionelle Komponenten eines Kochleaimplantats (Quelle: Lehnhardt, Laszig: Praxis der Audiometrie. Stuttgart: Thieme; 2009).



lung mehrkanaliger Geräte und digitaler Sprachverarbeitungsstrategien ist es dennoch in den letzten Jahren immer besser gelungen, die Stimulationsmuster der verschiedenen Elektroden den natürlichen Mustern der Hörnervenfunktion anzunähern.

Wo genau die elektrischen Felder der Stimulationselektroden den Hörnerv erreichen, ist bisher nicht ausreichend bekannt. Es wird angenommen, dass je nach Lage der Elektrode und Stärke des elektrischen Feldes in Abhängigkeit von den noch funktionierenden Abschnitten des Hörnervs die Dendriten und Axone des Ganglion spirale, das Ganglion spirale selbst oder der Hörnerv stimuliert werden. Während man in der Vergangenheit angenommen hat, dass für eine Sprachwahrnehmung die Stimulation mit 5–10 Elektroden hinreichend ist, zielen aktuelle Forschungsprojekte auf die Entwicklung von Elektrodenträgern mit multiplen elektrischen oder fotoelektrischen Stimulatoren, um sich dem physiologischen Anregungsmuster weiter zu nähern und die Wahrnehmung von Sprache und Musik zu verbessern.

## Gerätetechnischer Aufbau

Die weltweit bisher eingesetzten Cochleaimplantate sind in der Regel teilimplantierbare Hörsysteme. Direkt hinter dem Ohr werden wie bei konventionellen Hörgeräten der äußere Geräteteil mit Mikrophon und Batterie sowie Audioprozessor und Sender-Induktionsspule getragen (▶ **Abb. 1**). Gegenüber konventionellen Hörgeräten imponieren die äußeren CI-Teile unverändert durch ihre Kompaktheit und die sichtbare Induktionsspule. Neue gerätetechnische Entwicklungen zielen auf eine Integration aller äußeren Elemente in einen kompakten Modulteil, der unter dem Haar getragen alle Komponenten über der Induktionsspule enthält. Für die Befestigung der Induktionsspule auf der Haut ist eine Magnethalterung notwendig, welche im MRT Artefakte verursacht. Diese Magnete können darüber hinaus während der MRT Untersuchung durch das starke Magnetfeld dislozieren. Herstellerabhängig sind die Geräte heute unter Umständen bis 3 Tesla MRT-tauglich.

Der implantierte Teil des CI kombiniert die Empfängerspule mit dem Stimulationsprozessor. Von hier aus gehen mehrkanalige Elektrodenstränge in den Elektrodenträger aus Silikon über, welcher in die Cochlea eingeführt wird. Diese in ihrer Bauform unterschiedlichen Elektrodenträger können sich je nach Pathologie an der Cochlea, nach der Art der Implantationstechnik und nach den Zielfrequenzen der Stimulation unterscheiden.

## Elektrodenträgervielfalt

Alle Hersteller bieten heute eine Reihe von verschiedenen Elektrodenträgern an, die sich durch ihre Länge, Form, Steifigkeit, Anzahl von Elektrodenplättchen sowie verschiedene Insertions- und Positionierungshilfen unterscheiden (▶ **Abb. 2**). Auswahlkriterien stellen dabei die im Tonschwellenaudiogramm ausgefallenen oder beeinträchtigten Frequenzbereiche, die abzuschätzende Stabilität des Resthörvermögens, die Länge der flüssigkeitsgefüllten Scala tympani und weitere anatomische Gegebenheiten für die Elektrodeninsertion dar.

Individualisiert werden anhand von CT- und MRT-Bild Datensätzen, den Ergebnissen der Hörprüfung und des Krankheitsverlaufs Elektroden verschiedener Länge, verschiedener Steifigkeit und verschiedener Zahl von Elektrodenplättchen ausgewählt. Je nach Länge und Steifigkeit der Elektrode sowie an die Cochlea angepasstem Design können die Insertionstiefen in der Cochlea (Insertionswinkel) variieren. (▶ **Abb. 3** und **Praxisbox**).

### Merke

Generell sollten vor einer CI-Operation eine CT- und eine MRT-Aufnahme vorliegen. Anhand von CT-Datensätzen lassen sich heute bereits präoperativ die Einschublänge in der Cochlea (Insertionswinkel) und damit die individuell optimale Elektrodenlänge abschätzen.

## PRAXIS

Kriterien für die Auswahl der Elektrode

- Frequenzbereich des Resthörvermögens
- Schwellenverlauf Tonaudiogramm
- Sprachverständlichkeit in Ruhe und Störgeräusch
- Insertionswinkel
- Form der kochleären Windung
- Progression der Schwerhörigkeit
- Form der kochleären Windung
- Flüssigkeitsfüllung in der Cochlea

Die Variation der Elektrodenform sieht auch Insertionschancen bei Fehlbildung der Cochlea oder Teil-Ossifizierungen vor. Bspw. kann bei einer Mondini-Malformation eine kürzere Elektrode mit breitem Verschluss der Kochleostomie oder bei Fibrosierung der Cochlea eine Compressed-Elektrode mit näher beieinander liegenden Elektroden benutzt werden (s. ► **Abb. 2**).

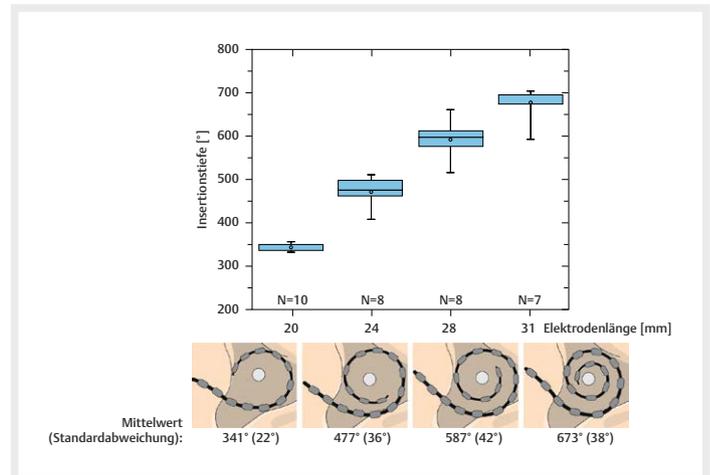
## Bauformen

### Elektroakustische Stimulation (EAS)

Eine besondere Bauform von Cochleaimplantaten findet sich bei nutzbarem Restgehör im Tieftonbereich. Hier kann im äußeren Implantatteil ein konventionelles Hörgerät mit einem Cochleaimplantat-Modul kombiniert werden. Dabei wird das vom Mikrophon aufgenommene Signal im Audioprozessor verarbeitet und je nach erhaltenem Hörfrequenzbereich (i. d. R. Tieftonbereich) an einen Schallgeber in den Gehörgang oder als elektrischer Impuls an die Induktionsspule abgegeben (► **Abb. 4**). Diese Versorgung wird als elektroakustische Stimulation (EAS) oder als Hybridversorgung bezeichnet. Da bis heute Cochleaimplantate tiefe Frequenzen nur bedingt übertragen können, ergibt diese Kombination bei erhaltenem Tieftongehör deutlich verbesserte Ergebnisse in der Sprachverständlichkeit.

### Vollimplantierbare Systeme

Die Entwicklung vollimplantierbarer Cochleaimplantate ist noch Gegenstand der Forschung und Entwicklung. Bei vollimplantierbaren Systemen sind alle Komponenten unter der Haut integriert. Dies bedeutet neben den ästhetischen Vorteilen deutliche Vorzüge bei sportlich aktiven Patienten und solchen mit körperlicher Arbeit. Nachteilig ist die notwendige Energieversorgung über die mitimplantierten Akkumulatoren, welche eine bisher begrenzte Lebensdauer von 10–15 Jahren haben. Weitere Nachteile sind in den technischen Lösungen des implantierten Mikrofons zu sehen. Direkt unter der Haut gelegen, erfahren implantierbare Mikrofone bisher Dämpfungen der Mikrofonmembranschwingung durch die Haut und Störungen durch Wind und Körpergeräusche. Diese technischen Nachteile haben bisher den Einsatz vollimplantierbarer Systeme behindert.



► **Abb. 3** Verschiedene Insertionstiefen in Abhängigkeit von der Elektrodenlänge. (Quelle: Med-EL Elektromedizinische Geräte Deutschland GmbH und [4])

## Kochleaimplantatversorgung von Erwachsenen

### Indikationen

Erwachsene stellen heute die Hauptindikationsgruppe für Cochleaimplantate dar.

#### Merke

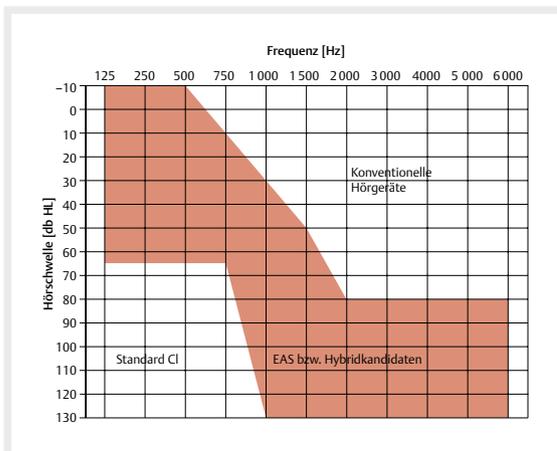
Während in den Anfängen der Cochleaimplantat-Chirurgie ausschließlich Erwachsene mit beidseitiger Ertaubung operiert wurden, hat sich der Indikationsbereich auf Patienten mit hochgradiger Schwerhörigkeit beidseits, ein- oder beiderseitiger Ertaubung im Hochtonbereich und einseitiger Ertaubung erweitert.

Die Indikationskriterien unterliegen einem ständigen Wandel, der absehbar noch nicht abgeschlossen ist. Hintergrund sind technische Weiterentwicklungen im Bereich der Signalaufbereitung und Signalapplikation. Allein die Weiterentwicklung der Mikroprozessoren mit der Möglichkeit der schnelleren Signalverarbeitung und Stimulation sowie die Entwicklung von neuen Sprachverarbeitungsstrategien haben in den letzten Jahren zu besseren Ergebnissen in der Sprachverständlichkeit geführt.

Betrachtet man das Cochleaimplantat als ein Hörsystem, welches einem konventionellen Hörgerät oder einem aktivem Mittelohrimplantat in der Versorgungsstufe nachgeschaltet ist, ergeben sich die Indikationen aus den jeweiligen Leistungsgrenzen der vorangestellten Hörsysteme im Vergleich.



► **Abb. 4** Kochleaimplantat mit elektroakustischer Stimulation (Quelle: Cochlear, Deutschland).



► **Abb. 5** Indikationsbereich für die EAS-Versorgung und die Standard-Kochleaimplantatversorgung.

**Merke**

Zielparameter ist das für die Kommunikation im Alltag maximal nutzbare Hörvermögen. Die Indikation für ein Kochleaimplantat ist dann gegeben, wenn für alltägliche Hörsituationen mit konventionellen oder implantierbaren Hörgeräten absehbar ein schlechteres Kommunikationsvermögen erreicht wird als mit einem Kochleaimplantat.

Leider gibt es bisher kein Testverfahren, welches die Rolle des Gehörs für die Kommunikation ausreichend bewerten kann. Besteht eine Ertaubung, liegt die Entscheidung für das Kochleaimplantat klar auf der Hand. Schwieriger ist die

Abschätzung der Indikationsgrenzen bei Resthörigkeit. Grobe Anhaltspunkte können bereits in der Anamnese gefunden werden. Ist z. B. trotz optimaler konventioneller Hörgeräteeinstellungen der Patient nicht mehr in der Lage mit dem betroffenen Ohr zu telefonieren, kann die Indikation für ein Kochleaimplantat erreicht sein.

Die Tonschwellenaudiometrie kann nur bei Hörschwellen ab 90 dB (A) klare Indikationshinweise für ein Kochleaimplantat geben. Im Indikationsbereich zwischen 70 und 90 dB der Hörschwelle bestehen teilweise extreme individuelle Unterschiede in der Nutzbarkeit der noch bestehenden cochleären Reserve für die Sprachkommunikation. Besonders bei langjährigen Hörgeräteträgern kann die Sprachverständlichkeit selbst bei Hörschwellen von 80 dB besser sein, als das Reintonaudiogramm erwarten lässt. Umgekehrt können Patienten mit Hörschwellen um 70 dB trotz optimaler Hörgeräteversorgung eine unzureichende Sprachverständlichkeit aufweisen.

Da heute i.d.R. 50 % der erwachsenen Patienten, die mit einem Kochleaimplantat versorgt werden, im Freiburger Einsilber-Test im Freifeld bei 70 dB eine Sprachverständlichkeit für einsilbige Prüfwords von mehr als 50 % erreichen, gilt als grobe audiologische Orientierung für die Abschätzung der Kochleaimplantat-Indikation die Einsilber-Verständlichkeit von 50 % bei 65 dB (HL) trotz optimaler konventioneller Hörgeräteversorgung auf dem betroffenen Ohr [5].

**Merke**

Grobe audiologische Orientierung für die Abschätzung der Kochleaimplantat-Indikation ist eine Einsilber-Verständlichkeit von 50 % bei 65 dB (HL) trotz optimaler konventioneller Hörgeräteversorgung auf dem betroffenen Ohr.

Für die Abgrenzung der Kochleaimplantat-Indikation zur elektroakustisch stimulierten und konventionellen Hörsystemversorgung kann dennoch das Reintonaudiogramm hilfreich sein. Ist die Hörschwelle in den tiefen Frequenzen (bis 750 Hz) auf dem betroffenen Ohr unter 65 dB abgesunken, ist eine elektroakustische Stimulation nicht mehr aussichtsreich (► **Abb. 5**).

Grundsätzlich hat bei hochgradiger Schwerhörigkeit oder Ertaubung in Deutschland jeder Patient Anspruch auf die Hörrehabilitation mit einem Kochleaimplantat, unabhängig davon, ob die Schwerhörigkeit ein- oder beidseitig vorliegt. Damit gehört Deutschland zu den Ländern, die eine Vorreiterrolle in der Hörrehabilitation durch bilaterale Implantationen einnehmen. Im klinischen Alltag sind es vor allen Dingen ältere Erwachsene, die sich nach jahrelangem Nutzen von konventionellen Hörgeräten und progredienter Schwerhörigkeit mit der Fragestellung nach einer Kochleaimplantatversorgung vorstellen.

**Merke**

Die Erfahrung zeigt, dass Patienten mit symmetrischer hochgradiger Schwerhörigkeit von einer sequenziellen Versorgung beider Ohren mit Kochleaimplantaten enorm profitieren.

Neben den audiologischen Ergebnissen sind für die Indikationsstellung weitere diagnostische Schritte notwendig. Dazu zählen neben der Abklärung der allgemeinen Operabilität und Narkosefähigkeit v. a. die ausführliche ohrmikroskopische Untersuchung zum Ausschluss chronischer Entzündungen, eine ausführliche Hör-, Sprach- und ggf. Psychologische- und Entwicklungsdiagnostik sowie die bildgebende Diagnostik.

**Merke**

Prinzipiell ist vor Indikationsstellung die Rehabilitationsfähigkeit zu beurteilen.

Diese komplexen interdisziplinären Aufgabenfelder sind heute nur noch in einem eng abgestimmten Team an Zentren zu bewältigen (► **Abb. 17**). Besonders bei älteren Patienten können sich relative Kontraindikationen ergeben, wenn eine anschließende Rehabilitation nach Kochleaimplantat-Operation wenig erfolgreich erscheint. Dazu beitragen können Handicaps bei der Bedienung der Geräte (z. B. Tremor, Paresen) oder kognitive Einschränkungen bis hin zur Demenz, die den Trainingseffekt einschränken. Deshalb ist die Rehabilitationsfähigkeit unter Einbeziehen von Psychologen und des sozialen Umfelds abzuschätzen.

Besondere OP-Indikationen werden im Folgenden abgehandelt.

**Resthörigkeit im Tieftonbereich**

Einige Patienten weisen bei Ertaubung oder hochgradiger Schwerhörigkeit in den hohen Frequenzen ein für konventionelle Hörgeräte nutzbares oder vollständig erhaltenes Tieftongehör auf. Als grober Anhaltspunkt gilt hier eine Hörschwelle von 65 dB oder besser in den Frequenzen zwischen 250 und 750 Hz. Gelingt es durch eine Kochleaimplantation das Tieftongehör zu erhalten, kann bei diesen Patienten die Kombination aus elektrischer und akustischer Stimulation (EAS) zu besseren Ergebnissen führen als durch die Kochleaimplantat-Stimulation allein.

Die Schwierigkeit in der Patientenberatung besteht darin, bereits präoperativ die Kurz- und Langzeitstabilität des Tieftongehörs abzuschätzen. Bisher werden bei erhaltenem Tieftongehör kurze Elektroden verwendet (erste Windung), um den akustisch funktionierenden Tieftonbereich (2. Windung) zu schonen. Ein Verlust des Tieftongehörs in den Jahren nach der Implantation könnte einen Implantatwechsel zur Folge haben.

**Einseitige Ertaubung und Tinnitus**

Während noch vor Jahren ein effektiver Nutzen einer Kochleaimplantat-Operation bei postlingualer einseitiger Ertaubung (z. B. nach Hörsturz) infrage gestellt wurde, ergibt sich heute eine klare Indikation in diesen Fällen.

In Studien konnte gezeigt werden, dass bei einseitiger Ertaubung Patienten von der Kochleaimplantatversorgung mehr profitieren als von allen anderen technischen Versorgungsmöglichkeiten, also einer CROS-Versorgung mit konventionellen oder Knochenleitungssystemen [6] (► **Abb. 6**). Dies verwundert insofern nicht, da das Kochleaimplantat das einzige Hörsystem ist, welches die Organfunktion des ausgefallenen Ohres in Grenzen wiederherstellt.

Ein besonderer Wert hat sich bei Patienten gezeigt, die neben der Ertaubung unter chronischem Tinnitus leiden. Wie von der Versorgung mit konventionellen Hörgeräten bekannt, kann auch bei Stimulation über das Kochleaimplantat eine Verdeckung des Tinnitusgeräusches resultieren. Darüber hinaus gibt es Patientenberichte, die bereits nach Einschalten des Kochleaimplantats auch ohne akustische Anregung – offenbar über die elektrische Ruhestimulation – eine Reduktion des Tinnitus beschreiben. Insofern kann bei Patienten mit chronischem Tinnitus und hochgradiger Schwerhörigkeit oder Ertaubung zu einer Kochleaimplantat-Operation geraten werden.

**Postmeningitische Ertaubung**

Infolge einer toxischen Labyrinthitis kann es durch eine Meningitis zu einer Schädigung der Haarzellen mit nachfolgender Ertaubung kommen. Dabei kann die intrakochleäre Entzündung so ausgedehnt sein, dass es reaktiv zu einer Fibrosierung und sogar Ossifizierung der Skalen kommt. Die Besonderheit in der OP-Indikationsstellung nach Meningitis ergibt sich aus dem zeitlichen Verlauf dieses Prozesses.

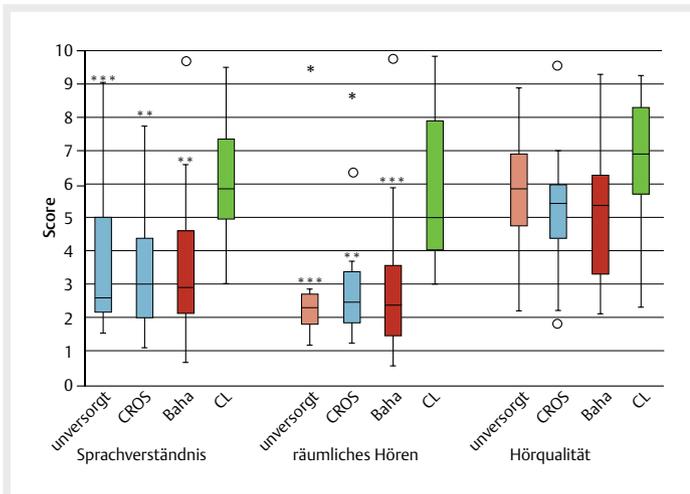
**Merke**

Grundsätzlich ist nach Meningitis eine zeitnahe (Wochen) Implantation anzustreben. Bereits 6–8 Wochen nach Meningitis kann eine Fibrosierung der Skalen eintreten und eine Implantation behindern.

Bei eingeschränkter Operabilität oder anderen Kontraindikationen kann die Operation unter Kontrolle des Fibrosierungsverlaufs (MRT-, CT-Verlaufsbeobachtung) aufgeschoben werden. Als ein Indikator für die beginnende Fibrosierung und nachfolgende Ossifikation der Kochlea kann die Aufhebung des Flüssigkeitssignals in den Bogengängen (häufig im lateralen BG) angesehen werden.

**Ertaubung durch Vestibularisschwannom**

Vestibularisschwannome können auf verschiedene Weise zur Ertaubung führen. Neben der Kompression des Hörnervs kommt es insbesondere bei kleineren intrameatalen



► **Abb. 6** Vorteile der Kochleaimplantatversorgung gegenüber anderen Versorgungssystemen anhand von Sprachverständlichkeit, räumlichem Hören und Hörqualität in einer Studie von Arndt et al. [6].

Tumoren zu einer Kompression der A. labyrinthi mit anschließendem Hörverlust meist in den hohen und mittleren Frequenzen. Auch über die Kompression des Hörnervs können neurale Schwerhörigkeiten entstehen, die über die BERA-Untersuchung diagnostiziert werden.

Darüber hinaus gibt es intralabyrinthäre Schwannome, die sich im Vestibulum der Cochlea oder in den Skalen selbst ausbreiten können. Diese Schwannome können über eine posteriore Tympanotomie oder transmeatal elegant entfernt werden. Da diese Entfernung nach bisherigen Erfahrungen immer mit einer Ertaubung einhergeht, kann simultan eine Kochleaimplantat-Operation gerechtfertigt sein.

Weitere Indikationen ergeben sich nach operativer Entfernung von Vestibularisschwannomen mit anschließender Ertaubung bei erhaltener Hörnervenfunktion. Hier kann der Promontoriumstest unter Umständen richtungsweisend sein.

In Ausnahmefällen kann eine Kochleaimplantat-Operation auch indiziert sein bei Zustand nach Radiatio eines Vestibularisschwannoms mit folgender Ertaubung oder bei Patienten mit Neurofibromatose und Vestibularisschwannom mit noch erhaltener Funktionalität des Hörnervs.

### Schwerhörigkeit durch Otosklerose

Die Otosklerose führt als Erkrankung der knöchernen Labyrinthkapsel mit Umbauprozessen häufig zu einer Schallleitungsschwerhörigkeit bei Befall des ovalen Fensters (vestibuläre Otosklerose). Nicht selten oder in Kombination können Herde in der Cochlea zu Durchblutungsstörungen mit anschließender Innenohrschwerhörigkeit und letztlich Ertaubung führen (kochleäre Otosklerose). Patienten mit Otosklerose zeigen unterschiedlich gute Ergebnisse in der

Hörrehabilitation nach Kochleaimplant-Versorgung. Besonderheiten ergeben sich auch durch die oft durch Sklerosierung eingeengte Scala tympani und den damit verbundenen Schwierigkeiten bei der Elektrodeneinführung.

### Kontraindikationen

Bei den Kontraindikationen unterscheidet man absolute und relative Hinderungsgründe. Bei absoluten Kontraindikationen bestehen keine Möglichkeit der elektrophysiologischen Ankopplung oder Reizweiterleitung oder Hinderungsgründe für eine erfolgreiche Rehabilitation.

Relative Kontraindikationen sind schwere Allgemeinerkrankungen mit Einschränkung der Operabilität oder Rehabilitation und lokale Mittelohr- oder Knochenkrankungen, die ein Risiko für die Implantation oder Implantatstabilität darstellen. Relative Kontraindikationen sind bspw. akute oder chronische Infektionen des Felsenbeins, die zunächst operativ saniert werden sollten, absolute Kontraindikationen die Aplasie der Cochlea und/oder des N. cochlearis (► **Tab. 1**).

### Präoperative Diagnostik

Die präoperative Diagnostik (► **Tab. 2**) umfasst neben der ausführlichen Allgemein- und Höranamnese sowie der HNO-ärztlichen Untersuchung die Funktionsprüfungen des Hör- und Gleichgewichtsorgans, die zur Indikationsstellung und zur Abschätzung operativer Risiken notwendig sind (► **Tab. 3**).

Darüber hinaus dienen präoperativ bildgebende Verfahren (► **Tab. 4**) der Operationsplanung. Anhand von Dünnschicht-Felsenbein-CT-Aufnahmen wird die Anatomie der Cochlea auf Normvarianten, Fehlbildungen und Ossifikationen der Skalen geprüft. In der MRT können die Flüssigkeitsfüllung, der Verlauf und die Integrität des Hörnervs beurteilt werden, was besonders bei angeborener Taubheit von Bedeutung ist (► **Abb. 7**).

Ein ausführliches Aufklärungsgespräch über Risiken, Nebenwirkungen, alternative Verfahren sowie eine Sicherungsaufklärung gehören ebenfalls dazu. In der Anamnese müssen die Dauer und das subjektive Ausmaß der Schwerhörigkeit, die bisherige Versorgung der Schwerhörigkeit, die Beschreibung der Kommunikationsstörung, das Vorhandensein von Tinnitus, das Vorhandensein von Schwindel und die Erfragung der Ursache der Schwerhörigkeit erfasst werden. Im Anschluss erfolgen interdisziplinäre Untersuchungen zur Abschätzung der Rehabilitationsfähigkeit.

### Merke

**Ohne eine interdisziplinäre Beurteilung der individuellen Voraussetzungen für eine Rehabilitation darf eine Implantation nicht erfolgen.**

Hinzu kommen Beurteilungen der OP- und Narkosefähigkeit sowie die Ergänzung des Impfstatus. Die Vorbereitungen enden mit einer ausführlichen Beratung über Funktion und Besonderheiten verschiedener Kochleaimplantat-Systeme, Erfolgsaussichten und den Verlauf der Rehabilitation sowie der lebenslangen Nachsorge.

## Operation

### Mastoidchirurgie

Nach Rasur im Hautschnittbereich und Markierung des Implantatbetts an der Haut sowie Anbringen des Neuromonitorings für den N. facialis erfolgt der Hautschnitt retroaurikulär. Für den Verlauf des Hautschnitts gibt es verschiedene Vorschläge. Bewährt haben sich kleine Schnittführungen, die nicht über das Implantatbett führen. Idealerweise werden versetzt zum Hautschnitt das Periost und Anteile des Temporalismuskels so weit durchtrennt, dass das Implantatbett auf dem Knochen angezeichnet werden kann. Für den heute am häufigsten genutzten Zugang zur Cochlea erfolgt anschließend eine klassische Mastoidektomie. Dargestellt werden sollten dabei der Verlauf des Sinus sigmoideus, das Antrum mit dem kurzen Ambosschenkel sowie der mastoideale Verlauf des N. facialis und der Verlauf der Chorda tympani. Im Winkel zwischen Chorda tympani und N. facialis, wobei beide Strukturen knöchern bedeckt bleiben sollten, erfolgt (im häufigsten Fall) eine posteriore

Tympanotomie mit Eröffnen der Pauke. Das Fenster sollte so groß gewählt werden, dass die Rundfenstermembran und die Stapediussehne einsehbar sind (► **Abb. 8, 9**).

### Anlage des Implantatbetts

Für die Wundheilung und Funktion ist entscheidend, dass das Implantat fest mit dem Knochen verankert ist. Das alleinige Anlegen einer Periosttasche kann unzureichend sein, wenn nach Aktivierung durch die Magnetwirkung das Implantat unter der Haut verrutscht und es zur Übertragung von Bewegungen auf die Elektrode kommt. Insofern hat das Ausfräsen eines maßgerechten Implantatbetts weiterhin seine Berechtigung. Die Stabilisierung des Implantats kann durch ein Knochenbett und/oder zusätzliche Haltefäden erfolgen. Untersuchungen haben gezeigt, dass Manipulationen im Mastoid zu Mitbewegungen des Elektrodensträgers in der Cochlea und damit zur Traumatisierung der Cochlea führen können.

### Elektrodeninsertion

Bereits präoperativ sollte für den jeweiligen Grad und den Verlauf der Schwerhörigkeit individualisiert die Elektrodenauswahl erfolgen. Bevorzugt erfolgt die Elektrodeninsertion heute minimalinvasiv über die Rundfenstermembran, um eine zusätzliche Traumatisierung der Cochlea durch Bohrarbeiten zu vermeiden (► **Abb. 10**). Bei Eintritt

► **Tab. 1** Kontraindikationen für eine Kochleaimplantatversorgung.

Absolute Kontraindikationen	Relative Kontraindikationen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– fehlende Cochlea oder fehlender Hörnerv</li> <li>– nicht sichergestellte postoperative Rehabilitation/Nachsorge</li> <li>– fehlende Rehabilitationsfähigkeit bei der Kochleaimplantatversorgung</li> <li>– zentrale Taubheit mit Funktionsstörungen im Bereich der zentralen Hörbahn</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Mittelohrinfektionen (nach Sanierung Implantation möglich)</li> <li>– negativer subjektiver Promontoriumstest</li> <li>– schwere Allgemeinerkrankungen</li> <li>– therapieresistentes Krampfleiden</li> </ul>

► **Tab. 2** Präoperative Untersuchungen, ergänzende Diagnostik und weitere präoperative Maßnahmen vor Kochleaimplantatversorgung (modifiziert nach AWMF-Leitlinie CI-Versorgung).

Präoperative Diagnostik	Ergänzende Diagnostik und präoperative Maßnahmen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Allgemeinstatus, allgemeine und spezielle Anamnese, Ermittlung von Risikofaktoren</li> <li>– ausführliche Berufs- und Sozialanamnese</li> <li>– klinische Untersuchung, HNO-Status</li> <li>– Ohrmikroskopie</li> <li>– Ton- und Sprachaudiometrie mit Bestimmung der Zahlen- und Einsilberverständlichkeit in Ruhe und im Störgeräusch, Überprüfung der bestmöglichen Ergebnisse nach der Hörgeräteversorgung durch Sprachaudiometrie (► <b>Tab. 3</b>)</li> <li>– objektive Hördiagnostik (► <b>Tab. 3</b>)</li> <li>– Vestibularisdiagnostik einschließlich Lage- und Lagerungsprüfung, kalorischer Testung, KIT und VEMPs</li> <li>– Prüfung N. facialis und Chorda-tympani-Funktion</li> <li>– Hörgerätetrageversuch, Hörgeräteüberprüfung und ggf. -optimierung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– logopädisch-phoniatrische Untersuchung zur Beurteilung der Kommunikationskompetenzen</li> <li>– Untersuchung der Rehabilitationsfähigkeit, Motivation und Lernfähigkeit sowie Erwartungshaltung</li> <li>– Untersuchung der OP- und Narkosefähigkeit</li> <li>– Kontrolle des Impfstatus (HIB, Pneumokokken, Meningokokken)</li> </ul>

der Elektrode kann ein spitz verlaufender Winkel zu Problemen bei der Einführung führen (sog. Hook-Region). Um dies zu vermeiden, steht eine Erweiterung des runden Fensters oder eine klassische Kochleostomie alternativ zur Verfügung. Ein weiterer Nachteil ist der steile Einführungswinkel bei lateral verlaufendem N. facialis. Bei steifen Elek-

troden kann diese Konstellation zu einem Skalenwechsel beitragen (► **Abb. 11**).

Ein vorsichtiges und langsames Einführen der Elektrode soll eine Flüssigkeitsdruckwelle („Tsunami-Effekt“) mit potenzieller Schädigung der Innenohrstrukturen (Basilarmembran, Corti-Organ) vermeiden. Gerechnet wird mit einer Insertionszeit von etwa 10 s/cm. Anatomisch bedingt kann die Elektrode auf Widerstände oder Niveauunterschiede im Skalenverlauf stoßen. Das Einschieben der Elektrode gegen Widerstand ist zu vermeiden, um nicht ein Abknicken der Elektrodenspitze oder einen Skalenwechsel der Elektrode zu riskieren. Bei Fehlbildungen der Cochlea ist eine intraoperative Lagekontrolle der Elektrode sinnvoll.

► **Tab. 3** Subjektive Hörtests und objektive Hördiagnostik vor Cochleaimplantatversorgung (modifiziert nach AWMF-Leitlinie CI-Versorgung).

Subjektive Hörtests	Objektive Hördiagnostik
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Reintonaudiogramm</li> <li>– Sprachaudiogramm</li> <li>• Freiburger Einsilbertest schreiben</li> <li>• HSM in Ruhe/Störgeräusch oder OLSA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– TEOAE/DPOAE</li> <li>– Impedanzaudiometrie</li> <li>– Elektrokocheleografie</li> <li>– BERA</li> <li>– Promontoriumstest (optional)</li> </ul>

BERA: brainstem evoked response audiometry; DPOAE: distorsiv produzierte otoakustische Emissionen; HSM: Hochmair-Schulz-Moser-Test; OLSA: Oldenburger Satztest; TEOAE: transitorisch evozierte otoakustische Emissionen

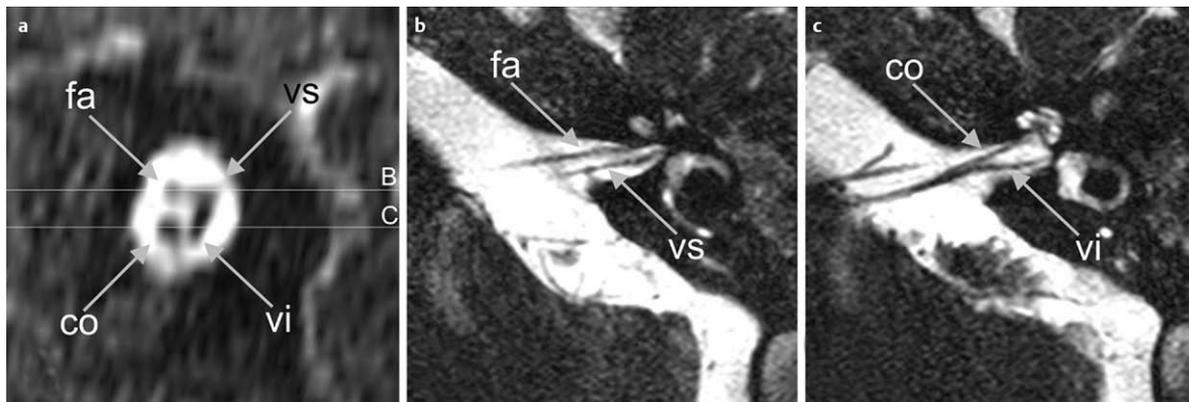
► **Tab. 4** Präoperative Bildgebung vor Cochleaimplantatversorgung (modifiziert nach AWMF-Leitlinie CI-Versorgung).

Dünnschicht-Felsenbein-CT mit Beurteilung	MRT mit Beurteilung
<ul style="list-style-type: none"> <li>– knöcherne Cochlea und Skalen</li> <li>– Bogengänge</li> <li>– Insertionswinkel</li> <li>– Rundfensternische</li> <li>– innerer Gehörgang</li> <li>– Verlauf N. facialis</li> <li>– Vestibulum und Saccus endolymphaticus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Flüssigkeitsfüllung der Cochlea und der Bogengänge</li> <li>– innerer Gehörgang und KHBW-Winkel</li> <li>– Hörnervenverlauf</li> </ul>

### Lage der Elektrode in der Cochlea

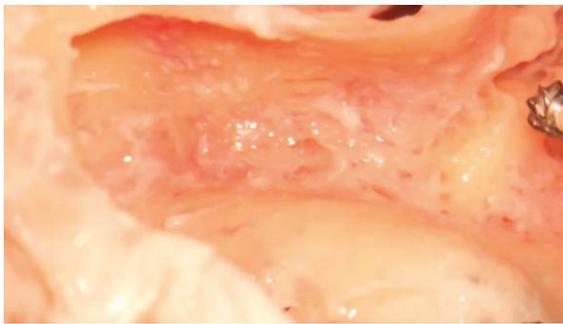
Die Lage der Elektrode in der Cochlea nach Einführung in die Scala tympani kann der Operateur nur teilweise beeinflussen. Die Hersteller bieten verschiedene Elektrodenformen, Längen und Steifigkeiten für die Insertion an. Die Verantwortung für die richtige Elektrodenauswahl trägt der Operateur. Die Länge des Elektrodenträgers wird anhand des Frequenzbereichs des Resthörvermögens ausgewählt. Diese kann heute auf CT-Bildern durch die Bestimmung des cochleären Durchmessers ausgemessen werden [7] (► **Abb. 12**). Modiolusnahe Elektroden haben spezielle Einführungstechniken, die ein Einkrümmen der Elektrode nach der Insertion durch das runde Fenster oder durch die Cochleostomie erlauben. Bei Resthörigkeit werden i.d.R. besonders weiche und dünne Elektroden verwendet, um die Basilarmembran zu schonen. Zudem sind die Elektroden i.d.R. kürzer, damit sie nicht in den Tieffrequenzbereich der Resthörigkeit vordringen.

Den Abschluss der Elektrodeninsertion bildet die Versiegelung der Rundfensternische bzw. der Kochleostomiestelle mit Bindegewebe und ggf. Fibrinkleber. Dies geschieht, um Infektionen (Labyrinthitis) und den Austritt von Perilymphe zu vermeiden.



► **Abb. 7** MRT nativ; CISS-Sequenz: Darstellung der N. vestib. superior (VS) und inferior (VI) sowie des N. cochlearis (Co) und N. facialis (fa) im inneren Gehörgang (Quelle: Biller A, Bartsch A, Knaus C et al. Neuroradiologische Diagnostik bei Patienten mit sensorineuralem Hörverlust vor Cochlea-Implantation. Fortschr Röntgenstr 2001; 179: 901–913).

Dieses Dokument wurde zum persönlichen Gebrauch heruntergeladen. Vervielfältigung nur mit Zustimmung des Verlages.



► **Abb. 8** Mastoidektomie mit Darstellung des Sinus sigmoideus, des lateralen Bogengangs, des mastoidalen N.-facialis-Verlaufs und der Chorda tympani (Foto: Nikoloz Lasurashvili).



► **Abb. 9** Blick durch die posteriore Tympanotomie auf die Rundfenstermembran (Foto: Nikoloz Lasurashvili).

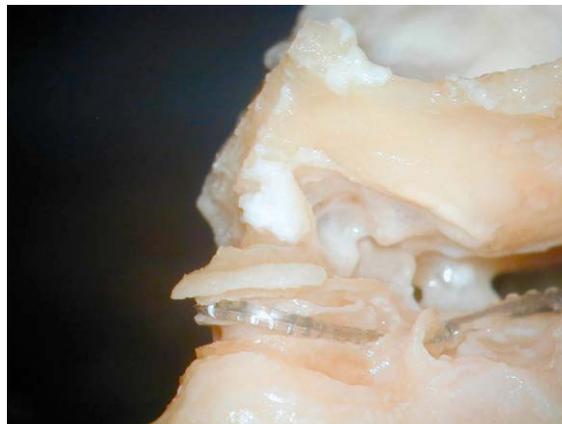


► **Abb. 10** Einführen der Elektroden durch das runde Fenster (Foto: Dirk Mürbe).

### Abschluss der Operation

Die Elektrode wird i.d.R. im Mastoid fixiert. Dies kann mit Bindegewebe, Muskelläppchen, Fibrinkleber oder speziellen Elektrodenhaltern erfolgen.

Den Abschluss der Operation bildet der Wundverschluss, nachdem die Funktionsprüfung des Implantats mittels Im-



► **Abb. 11** Skalenwechsel der Elektrode – bedingt durch ungünstigen Einführwinkel (Foto: Nikoloz Lasurashvili).

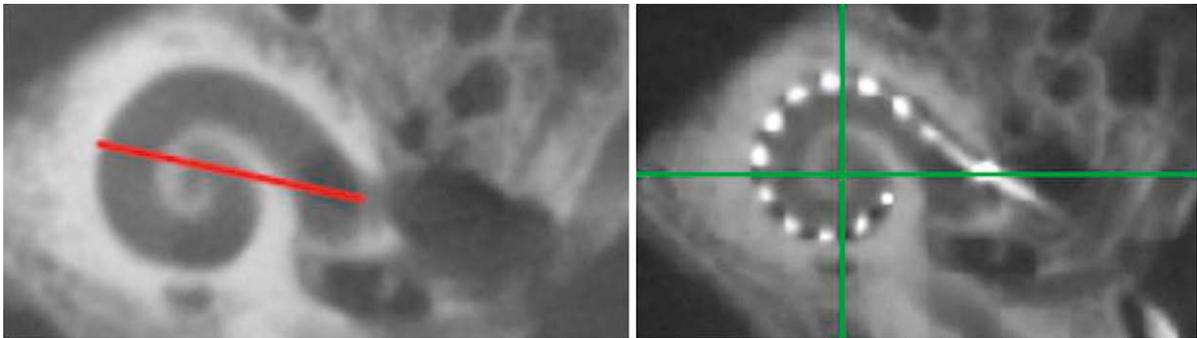
pedanzmessung, Messung der Reizantwort der Spiralganglien sowie Messung der Stapediusreflexe erfolgt ist. Ziel der Stapediusreflexmessung ist eine Abschätzung der Stimulationsschwellen bei Inbetriebnahme des Implantats. Weiterhin erfolgen eine sogenannte telemetrische Messung der Implantatfunktion sowie eine Elektrodenanpassung bereits intraoperativ. Dabei wird der Elektrodenträger genutzt, um einerseits den Hörnerv elektrisch zu stimulieren und andererseits Nervenantwortpotenziale aufzuzeichnen.

In der unmittelbar postoperativen Betreuung sind der N. facialis und der N. vestibularis zu prüfen (Frenzel-Brille) und zu dokumentieren. Weiterhin erfolgt am ersten postoperativen Tag der Verbandswechsel zum Ausschluss eines subperiostalen Hämatoms. Eine Antibiotikaphylaxe ist lediglich perioperativ notwendig. Die Entfernung der Hautfäden erfolgt wie in der Ohrchirurgie üblich am siebten postoperativen Tag.

Zur Qualitätssicherung ist am ersten postoperativen Tag – oder bereits intraoperativ – die Lage der Elektrode in der Cochlea zu kontrollieren. Geeignete Verfahren sind DVT- oder CT-Aufnahmen.

### Komplikationen

Da es sich grundsätzlich bei einem Cochleaimplantat um ein elektronisches Gerät in Form einer implantierbaren Hörprothese handelt, kann es wie bei jeder Gerätekonstruktion zu technischen Ausfällen kommen. Wenngleich dies selten auftritt [8], sollte der Patient informiert sein, dass bei einem Geräteausfall eine erneute Operation notwendig ist. Darüber hinaus kann es selten zu Disklokationen des Elektrodenträgers oder zur Erhöhung von Übergangswiderständen in der Cochlea mit folgender Notwendigkeit eines Implantatwechsels kommen. Grundsätzlich sind auch Implantatabstoßungen durch die Haut in seltenen Fällen beobachtet worden, die bei trophischen Haut-



► **Abb. 12** Postoperative Lagekontrolle der Elektrode (rechts) und präoperatives Ausmessen der möglichen Insertionstiefe (links).

störungen mit anschließender Infektion des Implantatgehäuses auftreten können.

Darüber hinaus sind durch den Zugangsweg bedingt sämtliche Komplikationen in das Aufklärungsgespräch einzuschließen, die aus der Ohrchirurgie bei der Durchführung einer Mastoidektomie mit Darstellung der Dura und des Sinus sigmoideus sowie des mastoidalen Verlaufs des N. facialis und Chorda tympani unter Anlage einer posterioren Tympanotomie genannt werden.

Komplikationen infolge der Elektrodeninsertion sind selten. Dazu zählen die Fehlinsertion an der Kochlea vorbei bei anatomisch schwierigen Verhältnissen oder die Ausbildung einer Perilymphfistel bei ungenügender bindegewebiger Abdichtung der Rundfenstermembran oder Kochleostomie bzw. insbesondere bei Gusher-Syndrom (Drucklabyrinth). Besonders bei Fehlbildungen der Kochlea kann es zu Fehlinsertionen der Elektrode kommen, die nur durch die Bildgebung erfasst werden können (► **Abb. 13**).

Eine weitere Komplikation ist das Verschwinden von Resthörigkeit, insbesondere nach tiefer Elektrodeninsertion oder Skalenwechsel der Elektrode mit Traumatisierung der Basilarmembran und des Corti-Organ.

Die wahrscheinlich häufigste Nebenwirkung der Elektrodeninsertion ist aufkommender Schwindel. Die Ursachen für die entstehenden Schwindelbeschwerden sind im Detail schwer zu evaluieren. Diskutiert werden Lufteinschlüsse bei der Elektrodeninsertion sowie Absprengungen von Gewebe oder Knochenfragmenten in das Vestibulum mit anschließendem Lagerungsnystagmus. In der Regel bilden sich die postoperativen Schwindelbeschwerden innerhalb von wenigen Tagen zurück.

Für die Qualitätssicherung ist die Kontrolle der Elektrodenlage entweder direkt intraoperativ oder unmittelbar nach der Operation anzustreben. Neben der Beurteilung des Insertionswegs, der korrekten Lage der Elektrode in der Scala tympani und der Beurteilung der Elektroden Spitze (Abknicken) können auch innerhalb der Kochlea Fehlinsertionen z. B. in den inneren Gehörgang oder durch die Kochleawände hindurch beobachtet werden. Dies ist v. a. bei fehlgebildeter Kochlea möglich.

Auch ohne Fehlinsertion können Überstimulationen der Elektroden zur einer Fehlinnervation des N. facialis führen. Die verantwortlichen Elektroden können dann für das Hören häufig nicht genutzt werden, sondern müssen abgeschaltet bleiben.

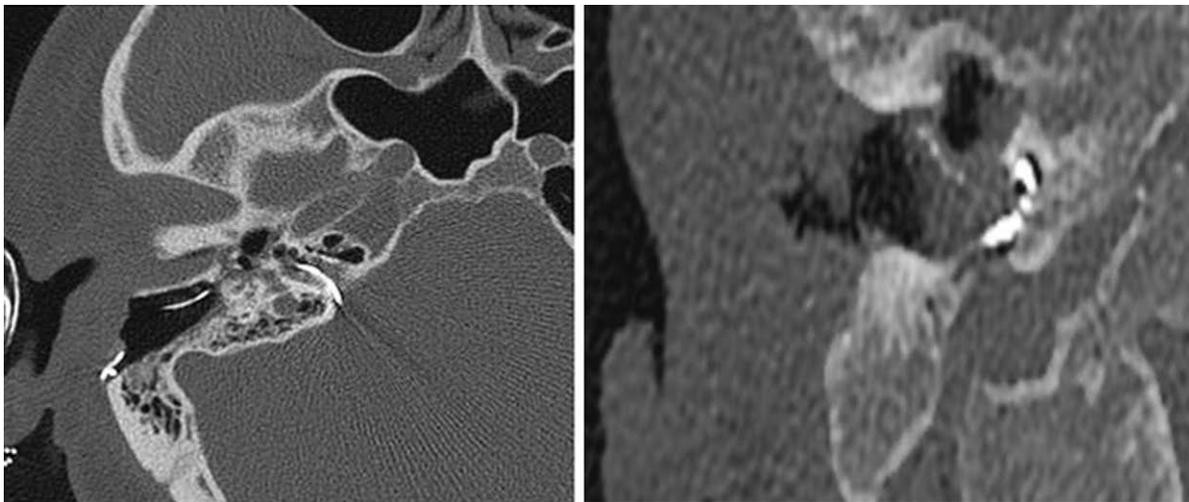
Letztlich kann es im Verlauf der Jahre zu einer Dislokation der Elektrode aus der Kochlea kommen, die sich zunächst mit einem Verlust der hohen Frequenzen und Anstieg der Impedanzen einzelner basaler Elektrodenanteile darstellt und durch CT- oder DVT-Diagnostik evaluiert werden kann.

**Erstanpassung und postoperative Behandlung im Krankenhaus**

### Erstanpassung und postoperative Behandlung im Krankenhaus

Die Aktivierung des Kochleaimplantats erfolgt ca. 4–6 Wochen nach der Operation. Dabei wird der Audioprozessor schrittweise in Betrieb genommen und über einen Zeitraum von in der Regel einer Woche in seiner Einstellung optimiert. Das über die Sendespule übertragene Signal wird von der Empfängerspule aufgenommen, in der Implantatelektronik verarbeitet und auf die Elektroden übertragen. Die Programmierung und Anpassung des Sprachprozessors bedeutet somit eine direkte Stimulation der Elektroden und somit des Hörnervs. Orientierend für die Einstellung der Stimulationsgrenzen sind die intraoperativ erhobenen Messwerte für die Stapediusreflexschwellen sowie der intraoperativ gemessenen Hörnervenantworten. Ziel dieser Messung ist es, für jede Elektrode den Reizantwortschwellewert zu bestimmen [9].

Nach Bestimmung der Schwellwerte (Treshold-Werte (THL)) werden weiterhin die oberen Grenzwerte der Stimulation bei der Programmierung als „Most Comfort Level“ festgelegt (MCL-Werte) (► **Abb. 14**). Dies erfordert die Mitarbeit des Patienten wie bei der Reintonaudiometrie (psychophysische Anpassung). Bei Erwachsenen kann die Lautheit in Abhängigkeit von der Reizstärke für jede



► **Abb. 13** Fehllage der Elektrode im inneren Gehörgang bei Malformation der Cochlea.

Elektrode bis zur Unbehaglichkeit bestimmt werden. Darüber hinaus wird für jede Elektrode ein Frequenzbereich mit oberer und unterer Grenzfrequenz festgelegt, wobei hier die Tonotopie des Innenohrs als Orientierung gilt.

Für die Umwandlung der akustischen Reize in elektrische Reizparameter gibt es verschiedenen Kodierungsstrategien, die sich u. a. darin unterscheiden, nach welchem Prinzip die zu stimulierenden Elektroden ausgewählt werden, wieviel Elektroden stimuliert werden und mit welcher Pulsrate dies geschieht. Dabei werden Kodierungsstrategien mit niedrigen Pulsraten (z. B. SPEAK) von Strategien mit hohen Pulsraten (z. B. CIS oder ACE) unterschieden, wobei die SPEAK-Strategie nur noch selten Anwendung findet. Im Ergebnis zeigen sich digitale Impulsmuster der Sprachsignale, die in Elektrodiagrammen darstellbar sind (► **Abb. 15**).

Unabhängig von der Kodierungsstrategie werden die Reizelektroden tonotop stimuliert, d. h. tiefe Frequenzen werden mehr apikal und hohe Frequenzen mehr basal angesteuert. Die Kodierung der Reizamplituden erfolgt über den Reizstrom und die Pulsdauer. Die subjektive Wahrnehmung eines bestimmten Reizstroms und einer bestimmten Pulsdauer ist individuell verschieden. Deshalb müssen für jeden Patienten individuelle Schwellenwerte in Form von Stimulationsunter- und -obergrenzen bestimmt werden (T-Level oder THR-Level für die Untergrenze und C-Level, MC-Level für die Obergrenze) [10].

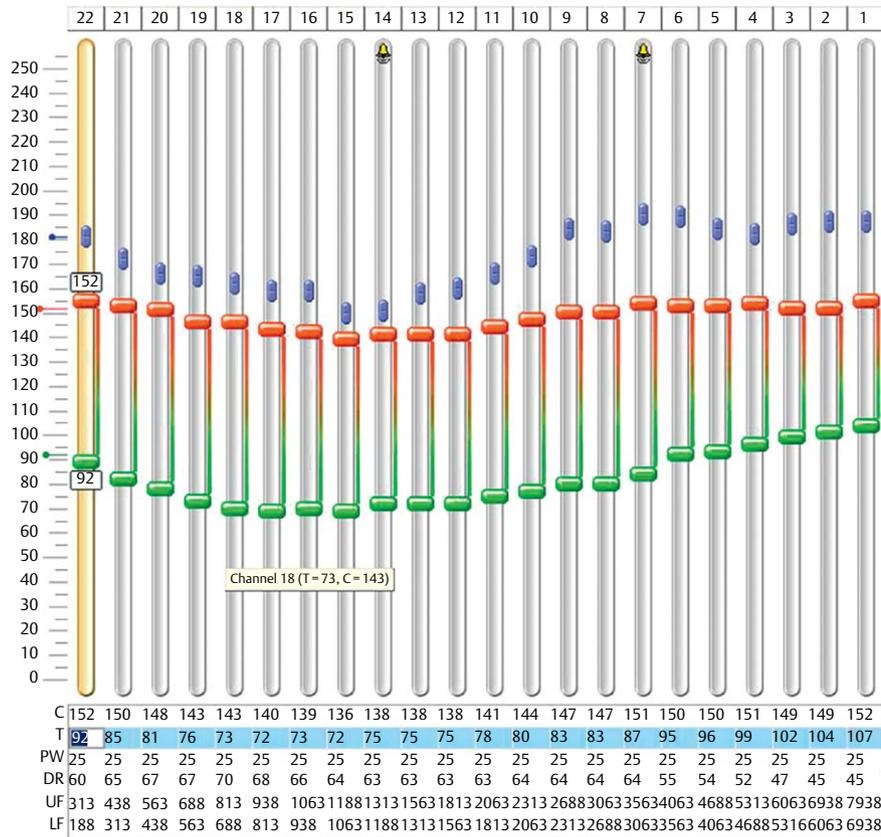
Nach Einstellung der Ober- und Untergrenzen mit isolierten elektrischen Reizen wird der Audioprozessor akustisch aktiviert mit Festlegung der individuellen Lautstärke, Empfindlichkeit, Verstärkung sowie Störgeräuschunterdrückung. Diese Parametereinstellungen erfolgen empirisch und benötigen i. d. R. eine Erstanpassungsphase von ein bis 2 Wochen.

Ähnlich dem Tonschwellenaudiogramm gibt es für CI-Träger subjektive Erfolgskontrollen für die Tonwahrnehmung bei den einzelnen Stimulationsfrequenzen. Für die Beurteilung der Sprachdiskrimination werden Phonemteste angewendet mit prozentualer Bestimmung der Verständlichkeit. Die Ergebnisse dieser Lautheitsskalierung werden in die Programmierung des Sprachprozessors einbezogen. Letztlich werden aus der Sprachaudiometrie bewährte Tests wie der Freiburger Einsilbertest für die Kontrolle der Sprachverständlichkeit herangezogen. Für die Untersuchung im Störschall haben sich neben dem Freiburger Einsilbertest v. a. der HSM-Test, oder der OLSA bewährt.

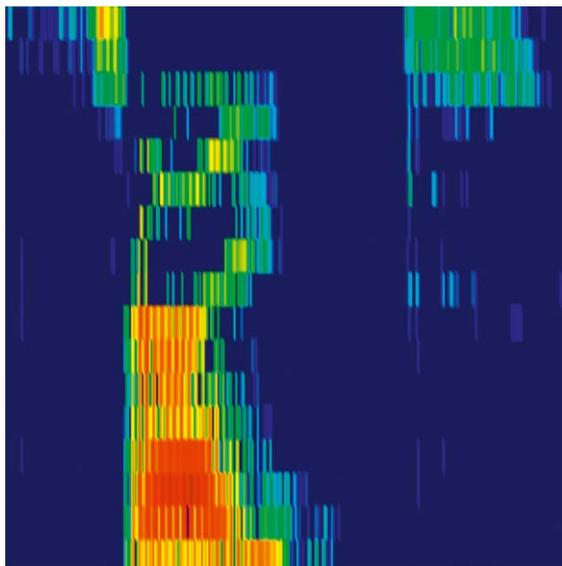
Neben der technischen Einstellung erfolgen in der Phase der Erstanpassung Schulungen zur Handhabung des Cochlea-implantats sowie zur Pflege und Wartung. Heute stehen eine Reihe von Zusatzgeräten zur Verfügung (Telefonadapter, Zusatzmikrofon, Infrarot- oder FM-Anlagen, Ladegeräte usw. die ebenfalls in Betrieb genommen werden.

## Rehabilitation

Mit der Erstanpassung beginnt die Rehabilitationsphase, die in der Regel 24 Monate umfasst und unter stationären, ggf. auch ambulanten Rehabilitationsbedingungen häufig in Rehabilitationsblöcken durchgeführt wird. Rehabilitationsansatz ist eine integrative Kombination aus Hör- und Sprachtraining, welche durch eine kontinuierliche Überprüfung und Neuausrichtung der Audioprozessoreinstellung begleitet wird. Das therapeutische Ziel besteht darin, die individuell maximal erreichbare Kommunikationsfähigkeit zu entwickeln. Dazu ist ein interdisziplinärer Therapieansatz mit Beteiligung von Ärzten, Ingenieuren, Audiologen, Psychologen, Logopäden, Musik- und Sprachtherapeuten erfolgversprechend. Die individuellen krankheitsbezogenen Voraussetzungen sowie das berufliche und soziale Umfeld müssen in den Therapieplan eingeschlossen werden. Die



► **Abb. 14** Screenshot der Anpassungs-Software Custom Sound mit Darstellung der MC-Level (rot) und der THR-Level (grün) der 22 Elektroden (Quelle: Cochlear Deutschland).



► **Abb. 15** Elektrodiagramm – elektrisches Stimulationsmuster des Wortes „Zeit“ [tsait] (Quelle: Cochlear Deutschland).

stufenweisen Lernziele umfassen in der Regel zunächst die Ton- und Geräuschwahrnehmung, auf die sich die Sprach- und Musikwahrnehmung aufbauen kann. Bei Tinnituspatienten sollte ein entsprechendes Habituationstraining eingebunden werden.

Aus der hochgradigen Einschränkung bzw. dem Verlust des Hörvermögens resultiert nicht nur ein gravierender Funktionsverlust, sondern auch eine für den Patienten in der Regel gravierende Beeinträchtigung der sozialen und kulturellen Kommunikationsfähigkeit. Sowohl im Beruf als auch privaten Umfeld kommt es zur Einschränkung bis hin zur Isolation und psychischen Folgeschäden. Eine Aufgabe der komplexen Therapieansätze ist es, die Hör- und Sprachfunktion soweit zu verbessern, dass nicht nur Hören unter idealisierten Bedingungen, sondern v. a. in Alltagssituationen und im speziellen beruflichen Umfeld möglich ist. Sie sollten dementsprechend individuell ausgerichtet auch die speziellen Arbeits- und Lebensbedingungen beachten. Es ist darüber hinaus ärztliche Aufgabe, die medizinischen Voraussetzungen für diesen Reha-Prozess zu bewerten und nach Möglichkeit zu verbessern. Dies reicht

von der Beurteilung der Wundheilungs- und Narbenverhältnisse, der Indikationsstellung zur medikamentösen Ergänzungstherapie (z. B. bei Schwindel) bis hin zu arbeitsmedizinischen Aspekten.

## Lebenslange Nachsorge

Es ist eine ärztliche Aufgabe, die Implantatverträglichkeit unter der Haut und die Lage des Elektrodenträgers im Mittelohr und Innenohr regelmäßig zu prüfen. Auch nach Jahren kann es zu lokalen Hautreizungen oder Unverträglichkeitsreaktionen bis hin zur Abstoßung kommen, die frühzeitig erkannt werden müssen, um intrakranielle Komplikationen zu vermeiden. Die jährliche HNO-ärztliche Untersuchung ist deshalb fester Bestandteil der lebenslangen Nachsorge. Weiterhin muss in regelmäßigen Abständen die Implantateinstellung geprüft werden. Letztlich sind technische Weiterentwicklungen des Sprachprozessors ggf. für den Patienten nutzbar zu machen.

## Evaluation und Qualitätssicherung

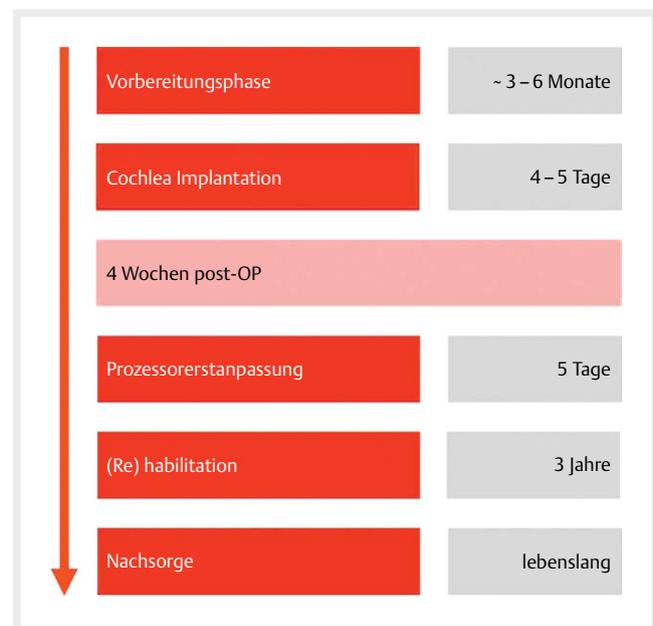
Die individuellen Ergebnisse der Anpassung müssen dokumentiert und evaluiert werden. Postlingual ertaubte Erwachsene können heute mit einem Kochleaimplantat im Freiburger Einsilbertest bei einem Pegel von 70 dB eine mittlere Sprachverständlichkeit von 80 % bei etwa 65–70 % der untersuchten Patienten erreichen. Neben diesen guten Hörergebnissen gibt es Ausnahmen von weniger als 10 % der Patienten, die ein Sprachverständnis von weniger als 40 % im Einsilbertest erreichen. Im Störgeräusch sind die Ergebnisse wesentlich schlechter, wobei in der Zukunft durch die Anwendung von Störgeräusch-Unterdrückungsstrategien eine Ergebnisverbesserung zu erwarten ist [10, 11].

## Kochleaimplantatversorgung von Kindern

Neben postlingual (nach dem Spracherwerb) ertaubten Erwachsenen stellen Kinder mit hochgradiger Schallempfindungsschwerhörigkeit oder Taubheit die zweite große Patientengruppe im Bereich der Kochleaimplantatversorgung dar. Mit einer Prävalenz von 1 bis 2 betroffenen Kindern pro 1000 Neugeborene sind Hörstörungen die häufigste kongenitale sensorische Störung. Prinzipielle Ziele einer frühzeitigen Kochleaimplantatversorgung bei Kindern sind eine erfolgreiche Kommunikationsfähigkeit mithilfe von Lautsprache und ein offenes Sprachverstehen bis hin zu altersgerechten rezeptiven und expressiven Sprachleistungen [12]. Im Vergleich zu Erwachsenen bestehen für die CI-Versorgung bei Kindern Unterschiede in der präoperativen Diagnostik, im operativen Vorgehen und insbesondere in der (Re-)Habilitation und Nachsorge.

Nach initialer Etablierung der Kochleaimplantation im Erwachsenenalter in den 1980er Jahren erfolgte rasch die Er-

weiterung in den Bereich der Kinderversorgung, da sich enorme Erfolgsaussichten für die Hör- und Lautsprachentwicklung hochgradig hörgeschädigter Kinder eröffneten. Durch die zeitlich parallel verlaufende Einführung und kontinuierliche Erweiterung eines Neugeborenen-Hörscreenings und die Etablierung pädaudiologischer Versorgungsstrukturen entstanden in Deutschland zudem deutlich bessere Voraussetzungen, hörgeschädigten Kindern bereits im Säuglings- und Kleinkindalter die Option einer Kochleaimplantatversorgung anzubieten. Neben adäquater Diagnostik zur Indikationsstellung und qualitativ hochwertiger operativer Versorgung erfordert der Kochleaimplantat-Versorgungsweg bei Kindern insbesondere interdisziplinäre Strukturen der Rehabilitation und lebenslangen Nachsorge, wobei der prinzipielle regelhafte Ablauf dieses Versorgungswegs wie folgt verläuft:



## Indikationen

### Merke

**Das Kochleaimplantat ermöglicht hochgradig, an Taubheit grenzend schwerhörigen und gehörlosen Kindern, die von Hörgeräten auch bei adäquater Hör-/ Sprachförderung nicht ausreichend profitieren können, sich akustisch zu orientieren, Sprachsignale zu erfassen und für die eigene Sprachentwicklung zu nutzen.**

Für Kochleaimplantatversorgungen kommen Kinder mit hochgradigem oder komplettem Hörverlust mit in der Regel cochleärer Genese in Frage, bei denen mit Kochleaimplantat absehbar ein besseres Hören und Sprachverstehen als mit Hörgeräten erreichbar sein wird [12]. Eine ausreichende Funktionalität von Hörnerv und zentraler Hörverarbeitung muss aufgrund der Voruntersuchungen angenommen werden können. Im Einzelfall können auch

Kinder mit kombinierten und retrokokleären Hörstörungen von einer Kochleaimplantatversorgung profitieren.

Die Indikationsstellung erfordert eine komplexe pädaudiologische Bewertung interdisziplinärer Befunde, deren zentrale Inhalte eine frequenzspezifische Beurteilung des Hörvermögens sowie eine Beschreibung des Sprachentwicklungsstands, der kommunikativen Kompetenzen und des allgemeinen Entwicklungsstandes umfassen. Hinsichtlich des Hörvermögens hat sich die Grenze einer möglichen Kochleaimplantat-Indikation von einer Hörschwelle bei 90–100 dB zu Schwellenwerten ab 70 dB entwickelt, wobei diese Befunde in Zusammenschau mit den anderen bereits beschriebenen Faktoren zu bewerten sind [13].

Zum Ausschluss vestibulokokleärer Fehlbildungen und Risikofaktoren für eine gestörte zentrale Hörverarbeitung muss eine präoperative Bildgebung mit MRT des Neurokraniums und ggf. CT des Felsenbeins erfolgen (► **Abb. 16**). Soziefamiliäre Aspekte, einschließlich der Beurteilung der lautsprachlichen Intention der Eltern und der Realisierbarkeit der Hör-/Sprachhabilitation sind weitere wesentliche Aspekte für die Beurteilung der Rehabilitationsfähigkeit und der Erfolgsaussichten einer kindlichen Kochleaimplantatversorgung.

### Binaurale Versorgung

Bei beidseitiger Indikation ist eine bilaterale Kochleaimplantatversorgung anzustreben [14]. Diese kann als simultane bilaterale Implantation durchgeführt werden und wird insbesondere bei gesicherter beidseitiger Taubheit im Säuglings- und Kleinkindalter gewählt. Bei hochgradiger Hörstörung mit beidseitigem Resthörvermögen und initiiertem, aber eingeschränktem Spracherwerb erfolgt oftmals zunächst eine unilaterale Versorgung, um dann zeitnah im weiteren Verlauf zu prüfen, ob mit einer bimodalen Versorgung (Kochleaimplantat und kontralaterales konventionelles Hörgerät) eine optimale Versorgungsform erreicht oder zeitnah die Versorgung der zweiten Seite im Sinne einer sequenziellen bilateralen Implantation durchzuführen ist. In jedem Fall stellt beidohriges Hören das übergeordnete Ziel dar, um die binauralen Potenziale der Hörverarbeitung auszuschöpfen. Im Fall einer bimodalen Versorgung sollten beide Systeme evaluiert und aufeinander abgestimmt werden.

### Einseitige Taubheit und asymmetrischer Hörverlust

In den vergangenen Jahren konnte für einseitig ertaubte erwachsene Patienten mit postlingualer Hörstörung eine verbesserte Kommunikationsfähigkeit durch eine unilaterale Kochleaimplantation belegt werden. Bei postlingual ertaubten Kindern und Jugendlichen ist dementsprechend in gleicher Weise von guten Erfolgsaussichten bei unilateraler Kochleaimplantation auszugehen, die zeitnah erfolgen sollte [15].

Bei kongenital einseitig taub geborenen Säuglingen und Kleinkindern stehen umfassende Langzeiterfahrungen einer frühzeitigen Implantation noch aus. In diesen Fällen sollte eine differenzierte pädaudiologische Beratung der Eltern erfolgen, die über Limitationen monauralen Hörens und sensible Zeitfenster des Spracherwerbs für eine adäquate kortikale Repräsentanz von Sprache informiert und die unilaterale Kochleaimplantation als Behandlungsoption anbietet.

Kinder mit einseitiger Taubheit und gering- bis mittelgradigem Hörverlust der Gegenseite sind für einen bimodalen Versorgungsweg prädestiniert. Zwar gelingt durch die konventionelle Hörsystemversorgung der besser hörenden Seite oftmals ein akzeptables Sprachverstehen in Ruhe. In Situationen mit hohen Störschallpegeln, die in der Regel den kindlichen Alltag prägen, sinkt das Sprachverstehen rapide, sodass diese Kinder bei alleiniger konventioneller Hörsystemversorgung oft Kommunikationsnot und soziale Einschränkungen entwickeln.

### Hochtonhörverlust

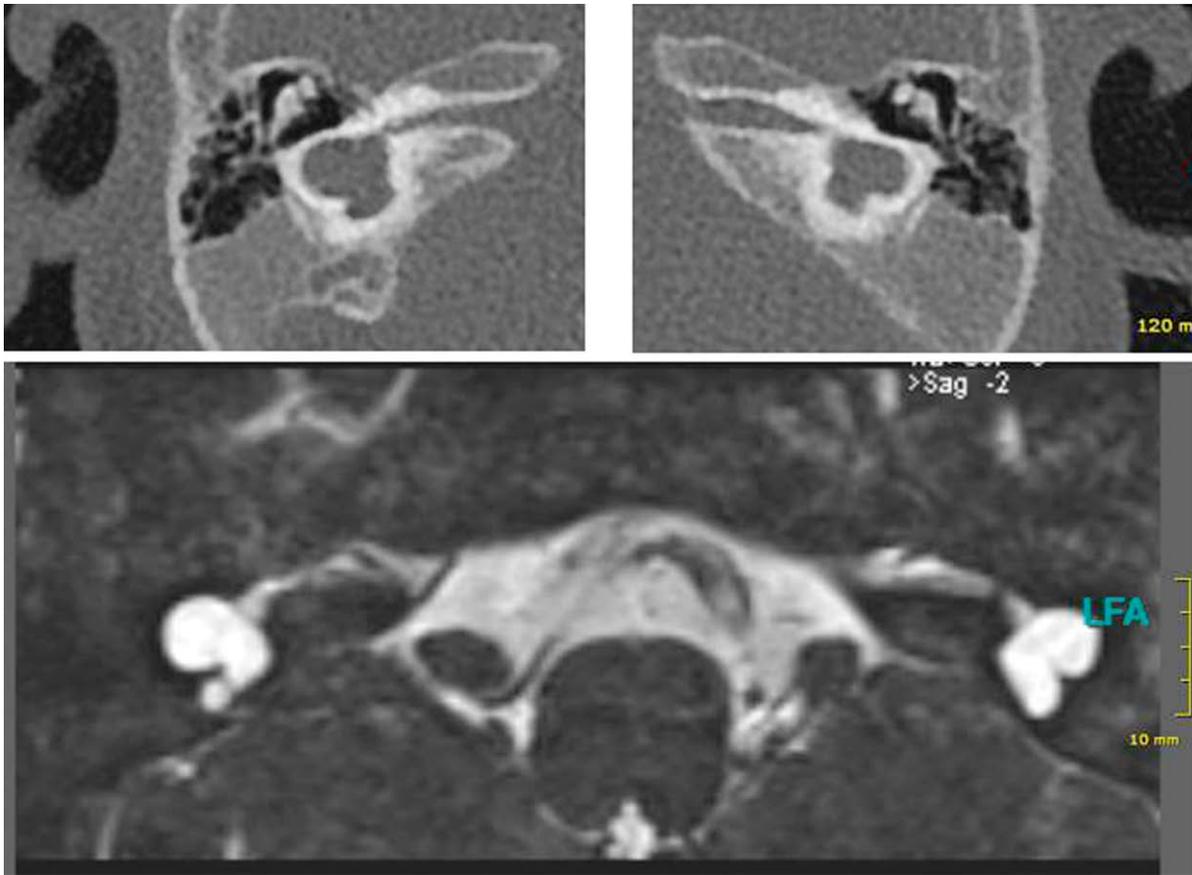
Bei bestehendem und stabilem Restgehör im Tieftonbereich kommen im Kindesalter analog zur Kochleaimplantatversorgung Erwachsener spezielle Implantatsysteme mit verkürzten Elektrodenträgern zum Einsatz, um bei Erhalt des Restgehörs sowohl elektrisch als auch akustisch zu stimulieren (EAS-Versorgung). Durch das Hörvermögen im Tieftonbereich profitieren diese Kinder oftmals zunächst von der initialen konventionellen Hörsystemversorgung. Allerdings sollte bei Stagnation des Spracherwerbs und bei durch den Hochtonverlust bedingten Artikulationsstörungen die Option der EAS-Versorgung zeitnah erwogen werden.

### Postmeningitische Ertaubung

Analog zu den Ausführungen zur Kochleaimplantat-Indikation für Erwachsene erfordert die Gefahr eines Verlusts des Hörvermögens und einer obliterierenden Labyrinthitis bei bakterieller Meningitis auch im Kindesalter einen zeitlich und inhaltlich modifizierten Entscheidungsweg. Dabei sind engmaschige pädaudiologische Beurteilungen zum Ausmaß des Hörverlusts und neuroradiologische Bildgebungen erforderlich, um bei komplettem Hörverlust und Zeichen einer Obliteration des Labyrinths zeitnah zu implantieren, da bei Verzug eine regelrechte Elektrodeninsertion deutlich erschwert oder unmöglich sein kann.

### Mehrfachbehinderung

Bei mehr als 40 % der hochgradig hörgeschädigten Kinder mit Schallempfindungsschwerhörigkeit liegen zusätzliche Störungen vor oder sind im Laufe der kindlichen Entwicklung zu erwarten. Eine Kochleaimplantatversorgung ist dann zu befürworten, wenn eine Verbesserung der kommunikativen Kompetenzen des Kindes erwartbar ist und keine Kontraindikationen entgegenstehen. Im interdiszi-



► **Abb. 16** CT und MRT einer vestibulokochleären Fehlbildung (Common Cavity).

plinären Konsens muss bei Mehrfachbehinderung eine modifizierte Zielsetzung der Kochleaimplantatversorgung formuliert werden, die sich an den individuellen Entwicklungsvoraussetzungen des Kindes orientiert. Dabei steht die positive Beeinflussung von Lebensqualität und gesellschaftlicher Teilhabe als Erfolgsparameter im Vordergrund, da ein offenes Sprachverstehen und eine erfolgreiche Lautsprachentwicklung bei Kindern mit Mehrfachbehinderung nicht immer zu erwarten sind [16].

#### Auditorische Synaptopathie/Neuropathie

Für Kinder mit einer auditorischen Synaptopathie bzw. auditorischen Neuropathie besteht keine Kontraindikation für eine Kochleaimplantatversorgung. Aufgrund der Genese der Hörstörungen zeigen die Versorgungsergebnisse eine große Variabilität, zu der auch die oftmals zeitverzögerte Diagnosestellung beiträgt.

#### Ältere Kinder mit peri- oder prälingualer Schwerhörigkeit

Bei älteren Kindern und Jugendlichen mit kongenitaler peri- und prälingualer hochgradiger und an Taubheit grenzender Schwerhörigkeit kann die Kochleaimplantatversorgung dann erwogen werden, wenn eine Verbesserung der Kommunikationskompetenz zu erwarten ist und lautsprachliche

Intentionen im soziefamiliären Umfeld vorliegen. Das zu erwartende individuelle Habilitationsergebnis ist variabel und wird maßgeblich durch die bisherige Hörerfahrung, die Ausbildung lautsprachlicher kortikaler Netzwerke und stattgefundene Förderung bestimmt.

#### Kontraindikationen

Die Kontraindikationen entsprechen den Ausführungen zur Kochleaimplantatversorgung von Erwachsenen.

#### Präoperative Diagnostik

Die pädaudiologische Diagnostik umfasst mehrere Module (siehe Kasten), die stets im interdisziplinären Team erbracht werden. Ausgangspunkt ist eine ausführliche Anamnese einschließlich Familienanamnese, wobei in Abhängigkeit vom Alter des Kindes die Fremdanamnese durch Befragung der Eltern im Vordergrund steht. Die klinische Untersuchung beinhaltet den gesamten fachspezifischen Kopf-Hals-Befund, der um weiterführende klinische Untersuchungen bei syndromalen Hörstörungen zu ergänzen ist. Besonderer Bedeutung kommt der Ohrmikroskopie zu, da pathologische Mittelohrprozesse und ihre Ursachen, bspw. Paukenergüsse bei vergrößerten adenoiden Vegetationen, vor einer Kochleaimplantatversorgung saniert werden sollten.

**PRAXIS**

Kernmodule pädaudiologischer Diagnostik

- subjektive Hörprüfverfahren
- Evaluation Hörsystemtrageversuch
- objektive Hörprüfverfahren
- Erfassung von Sprachentwicklung und Kommunikationskompetenz
- entwicklungspsychologischer Status
- Information über bildmorphologische Daten
- Erfassung von Rehabilitationsfähigkeit und soziefamiliärer Situation

Die Auswahl pädaudiometrischer Messverfahren hängt von der klinischen Fragestellung und vom Lebens- und Entwicklungsalter des Kindes ab und beinhaltet immer subjektive und objektive Untersuchungen [12].

**Subjektive Hörtests**

Ein Großteil der hinsichtlich einer Kochleaimplantat-Indikation zu beurteilenden Kinder wird heute im Säuglings- und Kleinkindalter vorgestellt, sodass als altersspezifische subjektive Tests überwiegend Verfahren der Reflex- und Verhaltensaudiometrie zum Einsatz kommen. Als Plausibilitätsprüfung der Ergebnisse der objektiven Hörprüfverfahren kommt dabei bis ca. zum 6. Lebensmonat die Reflexaudiometrie zum Einsatz, die auf der Beobachtung von Reflexen auf akustische Stimuli beruht, wie bspw. beim Aupalpebralreflex.

Bei Kindern im Entwicklungsalter von ca. 6 Monaten bis etwa 2 Jahren wird die Reaktions- und Ablenkaudiometrie im Freifeld eingesetzt. Dabei werden Reaktionen erfasst, die sich entwicklungsaltersabhängig in Lauschen, Augen- und Kopfbewegungen oder einer Zuwendung zur Schallquelle darstellen können. Frühzeitig sollten Methoden der Konditionierung eingesetzt werden, um die Motivation des Kindes zur Reaktionsbildung und aktiven Kooperation zu steigern.

Ab einem Entwicklungsalter von ca. 30 Monaten sind Kinder in der Regel Instruktionen zugänglich, sodass eine Spielaudiometrie durchgeführt werden kann. Um einseitige Hörstörungen zu erfassen, sind dann seitengetrennte Hörprüfungen anzustreben, sobald ein Kind Einsteckhörer oder später Kopfhörer toleriert. In diesem Entwicklungsalter gelingt in der Regel auch die Ermittlung von Knochenleitungshörschwellen zur Differenzierung von Schallleitungs- und Schallempfindungsschwerhörigkeiten.

Sprachaudiometrische Untersuchungen können nur bei älteren, peri- oder postlingual ertaubten Kindern zum Einsatz kommen, sind aber essenzieller Bestandteil der Evaluation der Hör-/Sprachentwicklung nach Kochleaimplantation und der Qualitätssicherung dieses Versorgungswegs.

**Objektive Hörtests**

Objektive Hörprüfverfahren beinhalten in Analogie zur Untersuchung hörgeschädigter Erwachsener Verfahren der Impedanzaudiometrie (Tympanometrie, Stapediusreflexaudiometrie), der otoakustischen Emissionen und elektrophysiologische Untersuchungsverfahren, insbesondere die Brainstem Evoked Response Audiometry (BERA), welche frühe auditorisch evozierte Potenziale (FAEP) der Hörbahn bis einschließlich Hirnstammebene misst und zur Identifizierung der Hörstörung und zur frequenzspezifischen Abschätzung der Hörschwelle eingesetzt wird.

Bei Bestätigung einer hochgradigen Hörstörung, z. B. im Rahmen der pädaudiologischen Konfirmationsdiagnostik beim Neugeborenen-Hörscreening, ist ohne Zeitverzug in der Regel zunächst ein konventioneller Hörsystemtrageversuch einzuleiten. Nach 3-monatiger Tragephase ist in einer pädaudiologischen Kontrollevaluation die Indikation zur Kochleaimplantatversorgung zu stellen, wenn bei entsprechender Befundkonstellation keine adäquate Initiierung des Spracherwerbs feststellbar bzw. der erwartbare Fortschritt der Sprachentwicklung ausgeblieben ist.

Neben den pädaudiometrischen Daten inklusive der Evaluation des Hörsystemtrageversuchs erfolgt eine hörgeschädigten-pädagogische und phoniatriisch-pädaudiologische Beurteilung des Sprech- und Sprachstatus, der Sprachentwicklung und der Kommunikationskompetenz. Dabei ist der Austausch mit weiteren involvierten Förderinstitutionen, bspw. der Frühförderung, im Rahmen der Indikationsfindung zu suchen.

Zudem muss vor einer Kochleaimplantatversorgung die allgemeine Entwicklung des Kindes beurteilt werden. Hierzu sollte eine Erhebung des entwicklungspsychologischen Status des Kindes erfolgen. Bei klinischen Auffälligkeiten ist ggf. eine neuropädiatrische Untersuchung erforderlich. Ergänzende Untersuchungen und präoperative Maßnahmen umfassen ggf. entwicklungsneurologische Zusatzuntersuchungen, um bspw. weitere Behinderungen zu erkennen und Teilleistungsstörungen zu beschreiben.

Zur Beurteilung der Anatomie des Felsenbeins und der morphologischen Integrität der zentralen Hörbahn ist eine präoperative Bildgebung erforderlich, um vestibulokochleäre Fehlbildungen und Risikofaktoren für eine gestörte zentrale Hörverarbeitung zu erfassen.

Hinsichtlich der Rehabilitationsfähigkeit ist die soziefamiliäre Situation, insbesondere die lautsprachliche Intention der Eltern zu erfassen. Prinzipiell müssen den Eltern bzw. den Jugendlichen im Rahmen der Voruntersuchungen Informationen zu alternativen Kommunikationsformen und Kommunikationshilfen zur Verfügung gestellt werden.

## PRAXIS

### Elternberatung

Die Indikationsstellung für eine Kochleaimplantation beinhaltet eine eingehende Beratung und Aufklärung der Eltern und – abhängig vom Alter – der Kinder und Jugendlichen. Konkrete Inhalte der Beratung umfassen:

- Komponenten und Ablauf des Kochleaimplantat-Versorgungswegs
- präoperative Aufklärung und Vorstellung verschiedener Kochleaimplantatsysteme
- individuelle Therapieplanung, Rehabilitation und Nachsorge
- Erfolgsaussichten
- Information über Besonderheiten und Gefahren für Kochleaimplantat-Träger, z. B. Einschränkungen beim MRT
- Information zur Selbsthilfe

### Operation

Die prinzipiellen operativen Schritte entsprechen der Kochleaimplantatversorgung Erwachsener mit einigen Modifikationen.

Bei Kochleaimplantatversorgung im Säuglings- und Kleinkindalter kann bei Anlage des Implantatbetts die Dura partiell freiliegen, wobei oftmals Knocheninseln erhalten werden können. Die Fixierung des Implantats, z. B. durch genaue Passfähigkeit des Implantatbetts, ist besonders zu beachten. Die Komplettierung der Mastoidektomie sollte im Vergleich zur Versorgung im Erwachsenenalter eher großzügig angestrebt werden, um das Risiko nachfolgender Infektionen in diesem Bereich zu senken.

Vor dem Hintergrund gehäufte Mittelohrentzündungen im Kindesalter sollte der intrakochleäre Eintritt des Elektrodenstrahlers, in der Regel im Bereich des runden Fensters oder der Kochleostomie, sorgfältig abgedichtet werden. Neben einer suffizienten Fixierung des Elektrodenstrahlers im Mastoid kommt der adäquaten muskuloperiostalen Abdeckung des Implantats besondere Bedeutung zu.

Bei gesicherter Indikation einer angeborenen an Taubheit grenzenden Schwerhörigkeit oder Gehörlosigkeit sollte eine Kochleaimplantatversorgung nach vorausgegangener optimaler Hörgeräteversorgung so früh wie möglich veranlasst werden [17]. Der Eingriff ist ab dem sechsten Lebensmonat durchführbar, in Einzelfällen nach Prüfung der individuellen Rahmenbedingungen auch früher. Bei Operationen von Säuglingen und Kleinkindern sollte die Narkose von erfahrenen Kinderanästhesisten durchgeführt werden.

Bei bilateraler Kochleaimplantatversorgung stehen simultane und sequenzielle operative Strategien entsprechend der bereits dargestellten Befundkonstellation zur Verfügung.

### Rehabilitation

Bei beidseits an Taubheit grenzend schwerhörigen Kindern ohne Sprachkompetenz besteht ein Grad der Behinderung von 100, wobei durch den Anspruch auf rehabilitative Leistungen eine bestmögliche Teilhabe unterstützt werden soll. Die Rehabilitation hörgeschädigter Kinder nach Kochleaimplantatversorgung ist dabei eine multidisziplinäre Aufgabe und nach Indikation sowie operativer Versorgung ein zentrales Element des Kochleaimplantat-Versorgungswegs.

Rehabilitation wird im Sinne der Internationalen Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit der WHO (International Classification of Functioning, Disability and Health, ICF) als „multi- und interdisziplinäres Management der funktionalen Gesundheit einer Person“ definiert. Diese umfasst den körperlichen Funktionszustand sowie die Aktivitäten, die soziale Integration und Teilhabe. Im Kindesalter sind diese Rehabilitationsinhalte dem übergeordneten Ziel verpflichtet, Hören als integralen Bestandteil im Leben des Kindes zu verankern, kommunikative und lautsprachliche Fähigkeiten zu entwickeln und die gesundheitsbezogene Lebensqualität zu verbessern.

## PRAXIS

Rehabilitationsinhalte nach der Internationalen Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit (ICF)

- multi- und interdisziplinäres Management der funktionalen Gesundheit einer Person
- Einschluss von körperlichem Funktionszustand und Aktivitäten sowie sozialer Integration und Teilhabe
- Beseitigung negativer Krankheitsfolgen und Verbesserung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität

Aufgrund der frühzeitigen Kochleaimplantatversorgung vieler Kinder beginnt die mehrjährige Hör-/Sprachrehabilitation heute oftmals im ersten oder zweiten Lebensjahr und stellt große Anforderungen an das interdisziplinäre Team. Kernstück des komplexen Rehabilitationsprozesses nach Kochleaimplantatversorgung ist ein multimodales Betreuungskonzept, dessen Schwerpunkte in der fachmedizinischen Betreuung durch HNO-Ärzte und Phoniater und Pädaudiologen, der Hör- und Sprachtherapie sowie der ingenieurtechnischen Anpassung des CI-Prozessors liegen. Die individuelle Strukturierung des Rehabilitationskonzepts basiert auf grundlegenden Modulen, die entsprechend der Befundkonstellation des zu betreuenden Kindes verknüpft werden.

**PRAXIS**

## Komponenten multimodaler CI-Rehabilitation

- initiale Anpassung und technische Kontrolle des Implantats
- langfristige Anpassung der Prozessoreinstellung unter Verhaltensbeobachtung
- Hör- und Sprachtherapie
- weiterführende kommunikationsfördernde Maßnahmen, moto- und musiktherapeutische Angebote
- Anleitung von Eltern und sozialem Umfeld, ggf. psychosoziale Unterstützung
- Gebrauchsschulung und Wartung von CI und Hilfsmitteln
- Koordination sonderpädagogischer Förderbedarf, Kooperation mit anderen Förderinstitutionen und Selbsthilfe

Im Vergleich zu erwachsenen Kochleaimplantat-Trägern bestehen für die Hör-/Sprach(re)habilitation von Kochleaimplantat-versorgten Kindern inhaltliche und zeitliche Unterschiede. Der Rehabilitationsprozess beginnt mit der Erstanpassung des Kochleaimplantatprozessors und umfasst als Kontinuum eine in der Regel 3-jährige Rehabilitationsphase mit 60 Therapietagen. Während der Rehabilitationsphase werden von den betroffenen Familien die Behandlungseinheiten oftmals als mehrtätige Rehabilitationsblöcke in Anspruch genommen, wobei große regionale Unterschiede bestehen.

Aufgrund der multimodalen Inhalte ist eine Rehabilitationsbehandlung unter stationären Bedingungen sinnvoll, wobei bspw. für spezialisierte leistungserbringende Rehabilitationseinrichtungen Versorgungsverträge nach § 111 SGB V mit den Kostenträgern bestehen. Unter günstigen sozialen Bedingungen kann die Betreuung auch in teilstationären oder ambulanten Konzepten erfolgen.

Im Rehabilitationszeitraum erfolgt die Anpassungsoptimierung mit entsprechenden Neueinstellungen des Kochleaimplantatprozessors unter Verhaltensbeobachtung. Die Aufmerksamkeitskapazität von Säuglingen und Kleinkindern muss dabei unter Beachtung des Entwicklungsalters des Kindes und evtl. bestehenden Mehrfachbehinderungen mit kognitiven Einschränkungen besonders beachtet werden. Die hör- und sprachtherapeutischen Angebote des Rehabilitationsprogramms folgen den Prinzipien eines hörgerichteten Spracherwerbs und sollen als Impulstherapie natürliche Entwicklungsbedingungen des Hörens und der Lautsprache unterstützen.

Bei Kindern mit zusätzlichen Behinderungen und Teilleistungsstörungen sind entsprechend modifizierte Zielstellungen der Hör-/Sprachtherapie zu formulieren. Ergänzende moto- und musiktherapeutische Angebote können aufgrund von zentralen Transfereffekten die kommunikativen Kompetenzen der Kinder weiter verbessern.

Da die im Block angebotenen Rehabilitationseinheiten durch Phasen häuslicher Förderung unterbrochen sind, spielt die Anleitung von Eltern, Familie und sozialem Umfeld, z. B. der Kindertageseinrichtung, eine besondere Rolle. Bei Bedarf muss Elternanleitung durch psychosoziale Betreuungsansätze ergänzt werden, um die soziofamiliäre Integration des Kindes zu fördern. Für die Schulung und Wartung des CI-Prozessors sind ebenfalls Eltern und Betreuungspersonen einzubeziehen. Dabei können Kontakte zu kooperierenden Einrichtungen, z. B. der sonderpädagogischen Förderung genutzt werden, den Einsatz von Zusatzgeräten, wie FM-Anlagen zu erleichtern. Die Rehabilitation sollte stets in enger Zusammenarbeit mit anderen Förderinstitutionen erfolgen und bei mehrfachbehinderten Kindern die assoziierten Sozialpädiatrischen Zentren einbeziehen. ► **Abb. 17** stellt die in das interdisziplinäre Konzept der CI-Rehabilitation eingebundenen Partner dar.

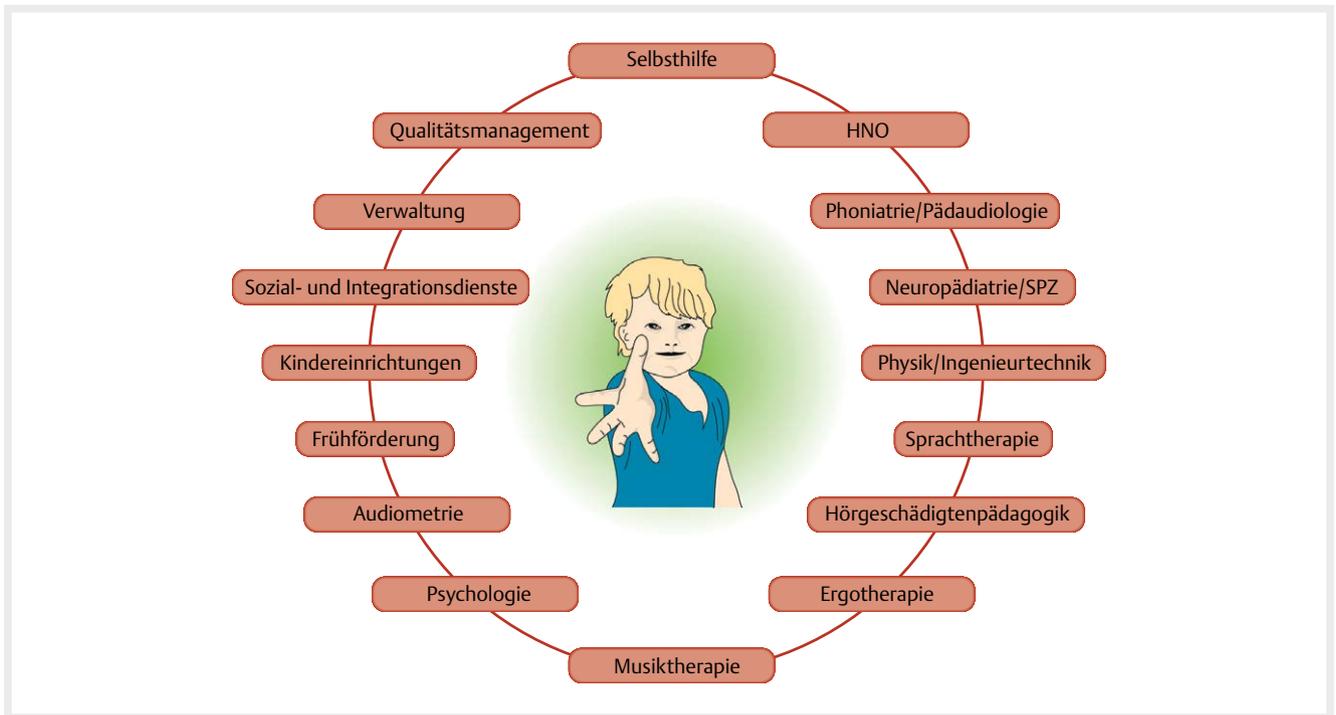
Eine besondere Gruppe stellen Kinder von gehörlosen Eltern dar, die sich für einen bilingualen Erziehungsweg mit Gebärdensprache als Muttersprache und Lautsprache als Zweitspracherwerb entschieden haben. Hier sind individuelle Konzepte erforderlich, um neben den im Elternhaus erworbenen gebärdensprachlichen Kompetenzen die lautsprachliche Entwicklung zu stärken.

**Lebenslange Nachsorge**

Die Kochleaimplantatversorgung erfordert eine lebenslange ambulante Nachsorge unter ärztlicher Verantwortung, die nach Abschluss der Rehabilitation beginnt. Die Nachsorge dient der medizinischen und technischen Kontrolle sowie Beratung und ist zur Erfassung von Langzeiteffekten sowie evtl. entstehenden Komplikationen erforderlich. Aufgrund der dauerhaften Hirnnervenstimulation erfordern Nachsorgekonzepte die Zusammenarbeit von Medizinern, Technikern und Therapeuten verschiedener Fachrichtungen. Dabei bestehen regional verschiedene Versorgungsmodelle, die auch Kooperationen mit Fördereinrichtungen und Hörgeräteakustikern beinhalten können.

**Evaluation und Qualitätssicherung**

Neben den technischen Überprüfungen des Implantatsystems und den Prozessoreinstellungen sind die Evaluation und Dokumentation der Leistungen in den Bereichen Hören und Sprachentwicklung unverzichtbarer Bestandteil eines qualitätsgesicherten CI-Versorgungswegs im Kindesalter. Diese umfassen Informationen über den fre-



► **Abb. 17** Interdisziplinäres Konzept der CI-Rehabilitation.

quenzspezifischen Verlauf der Reaktionsschwelle mit dem Kochleaimplantat sowie im weiteren Verlauf von Rehabilitation und Nachsorge mit Kindersprachtests beurteilte Hörleistungen (Mainzer und Göttinger Kindersprachtest, Oldenburger Kindersatztest = OLKISA) sowie später mit dem Freiburger Sprachtest.

Entwicklungsabhängig sind vorsprachliche Entwicklungsstufen und Leistungen im Bereich des Sprachverständnisses und der Sprachproduktion auf den entsprechenden linguistischen Ebenen (phonetisch-phonologisch, lexikalisch-semantisch, morphologisch-syntaktisch, kommunikativ-pragmatisch) zu beurteilen und Abweichungen von der Altersnorm zu dokumentieren. Neben dem Einsatz von Elternfragebögen werden dafür standardisierte Untersuchungen der Sprachentwicklung, bspw. die Sprachentwicklungstests SETK 2 oder SETK 3–5 (für 2- bzw. 3- bis 5-jährige Kinder) verwendet. Dabei ist zu beachten, dass der Rehabilitationsverlauf oftmals zunächst für das Höralter gemessen wird, im weiteren Verlauf zur Beurteilung des Versorgungserfolgs aber am Lebensalter referenziert werden muss (s. Kasten unten). Aktuelle wissenschaftliche Entwicklungen lassen den zukünftigen Einsatz objektiver Methoden der Evaluation des Hörspracherwerbs, bspw. durch ereigniskorrelierte Potenziale, erwarten [18].

#### PRAXIS

Pädaudiologische Evaluation kindlicher Hör- und Sprachkompetenz in der Rehabilitation

- Evaluation Hören
  - frequenzspezifische Aufblähkurve
  - entwicklungsaltersabhängiger Einsatz von Kindersprachtests (Mainzer und Göttinger Kindersprachtest, Oldenburger Kindersatztest) und Freiburger Sprachtest
- Evaluation der zeitlichen und inhaltlichen Abweichungen der Sprachproduktion und/oder des Sprachverständnisses der verschiedenen linguistischen Ebenen (phonetisch-phonologisch, lexikalisch-semantisch, morphologisch-syntaktisch, prosodisch-pragmatisch) von der kindlichen Altersnorm mit entwicklungsaltersabhängigem Inventar, z. B.
  - Spontansprachanalyse
  - Elternfragebögen (ELFRA, littleEARS)
  - standardisierte Sprachentwicklungsdiagnostik (z. B. Sprachentwicklungstests SETK 2 und SETK 3–5)
- Evaluation allgemeiner kommunikativer Kompetenzen

### KERNAUSSAGEN

- Erwachsene stellen heute die Hauptindikationsgruppe für Kochleaimplantate dar.
- Während noch vor Jahren schwerhörige ältere Menschen mit konventionellen Hörgeräten und progredientem Hörverlust an die Grenzen der Kommunikation gestoßen sind, wenn die Haarzellen zunehmend degenerierten, kann heute die Kochleaimplantatversorgung als ein festes Glied in der Kette der Hörsystemversorgung angeboten werden.
- Durch den Einsatz von Kochleaimplantaten ist ein Paradigmenwechsel in der Rehabilitation hochgradig hörgeschädigter Kinder eingetreten.
- Trotz deutlicher Verbesserungen in den vergangenen 3 Dekaden kindlicher CI-Versorgung besteht weiterhin eine große Variabilität der Versorgungsergebnisse. Diese reichen von lautsprachlichen und kommunikativen Kompetenzen, die nahezu mit normalhörenden Kindern vergleichbar sind, bis zu deutlich eingeschränkten rezeptiven und produktiven Sprachleistungen.
- Neben dem Alter bei Implantation und dem Ausmaß der vorausgegangenen auditiven Stimulation sind insbesondere eine intensive Rehabilitation und familiäre sprachliche Anregung von entscheidender Bedeutung für ein gutes Versorgungsergebnis, welches vielen Kindern mit CI den Besuch von Regeleinrichtungen im Bereich von Kindertagesstätten und Schule ermöglicht.
- Mit Blick auf die Häufigkeit von Kindern mit Mehrfachbehinderungen und zusätzlichen Teilleistungsstörungen wird deutlich, dass dieses Ziel nicht von allen Kindern erreicht werden kann und individualisierte Rehabilitationskonzepte erforderlich sind, die ergänzend zur lautsprachlichen Förderung weitere kommunikationsunterstützende Maßnahmen einschließen.

### Über die Autoren



#### Thomas Zahnert

Prof. Dr. med. 1984–1990 Medizinstudium an der Humboldt-Universität Berlin und der Medizinischen Akademie Dresden. 1990 Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Medizinischen Fakultät der TU Dresden, Klinik und Poliklinik für HNO-Heilkunde. Aufbau eines Forschungslabors zur dynamischen Untersuchung der Mittelohrfunktion (Direktor: Prof. Dr. Hüttenbrink). 1995 Abschluss der Weiterbildung zum Facharzt für HNO-Heilkunde. 1995–2003 Nationale und internationale Tutorientätigkeit als Cochlea-Implant- und Mittelohrchirurg. Erweiterung des Hörforschungslabors mit Aufbau eines Simulationsmodells in Kooperation mit dem Institut für Festkörpermechanik (Prof. Dr. Hardtke, Prof. Schmidt). 2003 Habilitation, leitender Oberarzt der Klinik für HNO-Heilkunde der Medizinischen Fakultät Dresden. Verleihung der Ehrendoktorwürde durch die Staatliche Universität Tblissi (Georgien). Seit 2007 Direktor der Klinik und Poliklinik für HNO-Heilkunde, Medizinische Fakultät der TU Dresden. Gewinner verschiedener Innovationswettbewerbe Medizintechnik BMBF. Seit 2015 Vorstandsvorsitzender der ADANO.



#### Dirk Mürbe

Prof. Dr. med. Medizinstudium an den Universitäten Rostock, Dublin und Dresden. Parallel zum Medizinstudium Gesangsstudium an der Hochschule für Musik Carl Maria von Weber Dresden, Abschluss mit künstlerischem Diplom. Facharzt für Phoniatrie und Pädaudiologie sowie Facharzt für HNO-Heilkunde. Seit 2010 Professor für das Fach Phoniatrie und Pädaudiologie an der TU Dresden. Leiter der Abteilung Phoniatrie und Audiologie sowie des Sächsischen Cochlear Implant Centrum an der HNO-Klinik des Universitätsklinikums Carl Gustav Carus Dresden. Klinisch-wissenschaftliche Schwerpunkte in den Bereichen Stimmstörungen und Phono-chirurgie sowie CI-Versorgung und Hör-/Spracherwerb. Landesarzt für Hör-, Sprach-, Sprech- und Stimmbehinderte im Freistaat Sachsen. Leiter des Studios für Stimmforschung an der Hochschule für Musik Carl Maria von Weber Dresden.

### Korrespondenzadresse

Prof. Dr. med. Thomas Zahnert  
Klinik u. Poliklinik für HNO-Heilkunde, Kopf-Hals-Chirurgie  
Universitätsklinikum Carl Gustav Carus an der Technischen  
Universität Dresden  
Fetscherstraße 74  
01307 Dresden  
Thomas.Zahnert@uniklinikum-dresden.de

### Interessenkonflikt

Prof. Dr. med. Thomas Zahnert und Prof. Dr. med. Dirk Mürbe haben Forschungsunterstützungen von MED-EL Elektromedizinische Geräte GmbH sowie Cochlear Research and Development Limited erhalten.

## Literatur

---

- [1] Jaekel K, Richter B, Laszig R. Die historische Entwicklung der Cochlea-Implantate – von Volta bis zur mehrkanaligen intracochleären Stimulation. *Laryngo-Rhino-Otologie* 2002; 81: 649–658
- [2] Mudry A, Mills M. The early history of the cochlear implant: a retrospective. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg* 2013; 139: 446–453
- [3] Diller G. Hören mit einem Cochlear-Implant. Eine Einführung. Heidelberg: Universitätsverlag Winter; 1997
- [4] Franke-Trieger A, Jolly C, Darbinjan A et al. Insertion depth angles of cochlear implant arrays with varying length: a temporal bone study. *Otol Neurotol* 2014; 35: 58–63
- [5] Deutsche Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Hals-Chirurgie. S2k-Leitlinie „Cochlea-Implantat Versorgung und zentral-auditorische Implantate“ (gültig bis 05/2017), AWMF-Register-Nr. 017-071
- [6] Arndt S, Laszig R, Aschendorff A et al. Unilateral deafness and cochlear implantation: audiological diagnostic evaluation and outcomes. *HNO* 2011; 59: 437–446
- [7] Franke-Trieger A, Mürbe D. Estimation of insertion depth angle based on cochlea diameter and linear insertion depth: a prediction tool for the CI422. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2015; 272: 3193–3199
- [8] Stolle SR, Groß S, Lenarz T, Lesinski-Schiedat A. Complications in children and adults with cochlear implant. *Laryngorhinootologie* 2014; 93: 605–611
- [9] Hoth S, Müller-Deile J. Audiologische Rehabilitation von Cochlea-Implantat-Trägern. *HNO* 2009; 57: 635–648
- [10] Müller-Deile J, Kortmann T, Hoppe U et al. Verbesserung der Sprachverständlichkeit durch neuen Cochlear-Implant-Sprachprozessor. *HNO* 2009; 57: 567–574
- [11] Hoppe U, Liebscher T, Hornung J. Anpassung von Cochlea-Implantatsystemen. *HNO* 2016 [Epub ahead of print]
- [12] Deutsche Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie. S2k-Leitlinie „Periphere Hörstörungen im Kindesalter“ (gültig bis 12/2017), AWMF-Register-Nr. 049-010
- [13] Leigh J, Dettman S, Dowell R et al. Evidence-based approach for making cochlear implant recommendations for infants with residual hearing. *Ear Hear* 2011; 32: 313–322
- [14] Ramsden JD, Gordon K, Aschendorff A et al. European Bilateral Pediatric Cochlear Implant Forum consensus statement. *Otol Neurotol* 2012; 33: 561–565
- [15] Hassepass F, Aschendorff A, Wesarg T et al. Unilateral deafness in children: audiological and subjective assessment of hearing ability after cochlear implantation. *Otol Neurotol* 2013; 34: 53–60
- [16] Meinzen-Derr J, Wiley S, Grether S et al. Children with Cochlea implants and developmental disabilities: a language skills study with developmentally matched hearing peers. *Res Dev Disabil* 2011; 32: 757–767
- [17] Nicholas JG, Geers AE. Spoken language benefits of extending cochlear implant candidacy below 12 months of age. *Otol Neurotol* 2013; 34: 532–538
- [18] Vavatzanidis NK, Mürbe D, Friederici A, Hahne A. The basis for language acquisition: congenitally deaf infants discriminate vowel length in the first months after cochlear implantation. *J Cogn Neurosci* 2015; 27: 2427–2441

## Bibliografie

---

DOI <http://dx.doi.org/10.1055/s-0043-104067>  
*Laryngo-Rhino-Otol* 2017; 96: 396–419  
© Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York,  
ISSN 0935-8943

## Punkte sammeln auf CME.thieme.de



Diese Fortbildungseinheit ist 12 Monate online für die Teilnahme verfügbar. Sollten Sie Fragen zur Online-Teilnahme haben, finden Sie unter [cme.thieme.de/hilfe](https://cme.thieme.de/hilfe) eine ausführliche Anleitung. Wir wünschen viel Erfolg beim Beantworten der Fragen!



Unter <https://eref.thieme.de/ZZX8N8N> oder über den QR-Code kommen Sie direkt zum Artikel zur Eingabe der Antworten.  
VNR 2760512017152373025

### Frage 1

Was ist bezüglich der Funktionsweise eines Kochleaimplantats nicht zutreffend?

- A Bei einem Kochleaimplantat werden Schallsignale über ein Mikrofon aufgenommen, in einem Audioprozessor digital verarbeitet und über eine Induktionsspule unter die Kopfhaut übertragen.
- B Das Implantat liegt in der Cochlea, wo das Signal von der Induktionsspule empfangen, weiterverarbeitet und über einen Elektrodenträger weitergeleitet wird.
- C Die Abstrahlung des elektrischen Signals erfolgt typischerweise in der Scala tympani über einen Elektrodenträger mit Platinelektroden.
- D Durch die Anordnung der Elektrodenplättchen in der Cochlea wird versucht, die Tonotopie der natürlichen Schalltransduktion nachzubilden.
- E Eine elektrische Stimulation an der Basis der Cochlea soll hohe Töne und eine Stimulation an der Cochleaspitze tiefe Frequenzen stimulieren.

### Frage 2

Welche Aussage bezüglich Kochleaimplantat und MRT ist nicht korrekt?

- A Die Patienten bzw. im Kindesalter die Eltern sind vor einer Kochleaimplantat-Operation über die Einschränkungen bezüglich MRT-Untersuchungen aufzuklären.
- B Der Elektrodenträger verursacht im MRT Artefakte.
- C Für die Befestigung der Induktionsspule auf der Haut ist eine Magnethalterung notwendig, welche im MRT Artefakte verursacht.
- D Die Magnete des Implantats können während der MRT-Untersuchung durch das starke Magnetfeld dislozieren.
- E Herstellerabhängig stehen heute bereits Kochleaimplantate zur Verfügung, die bis zu 3 Tesla MRT-tauglich sind.

### Frage 3

Was ist kein Kriterium für die Auswahl von Elektroden bzw. Elektrodenträger?

- A Frequenzbereich des Resthörvermögens
- B Sprachverständlichkeit in Ruhe und Störgeräusch
- C Artefakte im MRT
- D Insertionswinkel
- E Form der cochleären Windung

### Frage 4

Erwachsene stellen heute die Hauptindikationsgruppe für Kochleaimplantate dar. Was umfasst der Indikationsbereich der Kochleaimplantat-Chirurgie bei Erwachsenen heutzutage (noch) nicht?

- A einseitige Ertaubung
- B beidseitige Ertaubung
- C hochgradige Schwerhörigkeit beidseits
- D ein- oder beidseitige Ertaubung im Hochtonbereich
- E ein- oder beidseitige Ertaubung im Tieftonbereich

### Frage 5

Was ist die am häufigsten zu beobachtende Komplikation nach Kochleaimplantat-Chirurgie?

- A Implantatabstoßung
- B Fehlinserterion der Elektroden
- C Ausbildung einer Perilymphfistel
- D Verschwinden von Resthörigkeit
- E passagerer Schwindel

### Frage 6

6. Zu welchem Zeitpunkt postoperativ wird das Kochleaimplantat bei Erwachsenen in der Regel aktiviert?

- A 1–2 Tage nach der Operation
- B 1–2 Wochen nach der Operation
- C 4–6 Wochen nach der Operation
- D 6–8 Wochen nach der Operation
- E 8–10 Wochen nach der Operation

## Punkte sammeln auf CME.thieme.de

Fortsetzung ...

### Frage 7

7. Wie hoch ist die Prävalenz pro 1000 Neugeborene von Hörstörungen bei Kindern?

- A 0,5
- B 1–2
- C 2–3
- D 3–4
- E 4–5

### Frage 8

8. Welches Vorgehen ist bei Bestätigung einer hochgradigen Hörstörung – z. B. im Rahmen der pädaudiologischen Konfirmationsdiagnostik beim Neugeborenen-Hörscreening – in der Regel richtig?

- A Ohne Zeitverzug ist zunächst ein konventioneller Hörsystem-Trageversuch einzuleiten. Nach 3-monatiger Tragephase ist in einer pädaudiologischen Kontrollevaluation die Indikation zur CI-Versorgung zu stellen, wenn bei entsprechender Befundkonstellation keine ausreichenden Hörreaktionen und keine adäquate Initiierung des Spracherwerbs feststellbar sind bzw. der erwartbare Fortschritt der Sprachentwicklung ausgeblieben ist.
- B Ohne Zeitverzug ist zunächst ein konventioneller Hörsystem-Trageversuch einzuleiten. Nach 6- bis 7-monatiger Tragephase ist in einer pädaudiologischen Kontrollevaluation die Indikation zur CI-Versorgung zu stellen, wenn bei entsprechender Befundkonstellation keine ausreichenden Hörreaktionen und keine adäquate Initiierung des Spracherwerbs feststellbar sind bzw. der erwartbare Fortschritt der Sprachentwicklung ausgeblieben ist.
- C Nach ca. 2–3 Monaten ist zunächst ein konventioneller Hörsystem-Trageversuch einzuleiten. Nach 3-monatiger Tragephase ist in einer pädaudiologischen Kontrollevaluation die Indikation zur CI-Versorgung zu stellen, wenn bei entsprechender Befundkonstellation keine ausreichenden Hörreaktionen und keine adäquate Initiierung des Spracherwerbs feststellbar sind bzw. der erwartbare Fortschritt der Sprachentwicklung ausgeblieben ist.
- D Nach ca. 2–3 Monaten ist zunächst ein konventioneller Hörsystem-Trageversuch einzuleiten. Nach 9-monatiger Tragephase ist in einer pädaudiologischen Kontrollevaluation die Indikation zur CI-Versorgung zu stellen, wenn bei entsprechender Befundkonstellation keine ausreichenden Hörreaktionen und keine adäquate Initiierung des Spracherwerbs

feststellbar sind bzw. der erwartbare Fortschritt der Sprachentwicklung ausgeblieben ist.

- E Ohne Zeitverzug ist zunächst ein konventioneller Hörsystem-Trageversuch einzuleiten. Nach 12-monatiger Tragephase ist in einer pädaudiologischen Kontrollevaluation die Indikation zur CI-Versorgung zu stellen, wenn bei entsprechender Befundkonstellation keine ausreichenden Hörreaktionen und keine adäquate Initiierung des Spracherwerbs feststellbar sind bzw. der erwartbare Fortschritt der Sprachentwicklung ausgeblieben ist.

### Frage 9

Ab welchem Lebensalter ist der Eingriff in der Regel durchführbar?

- A ab 3 Monaten
- B ab 6 Monaten
- C ab 1 Jahr
- D ab 2 Jahren
- E ab 3 Jahren

### Frage 10

Was ist bezüglich der Hör-/Sprachrehabilitation von Kochleaimplantat-versorgten Kindern nicht zutreffend?

- A Der Rehabilitationsprozess beginnt mit der Erstanpassung des CI-Prozessors.
- B Die Rehabilitationsphase dauert in der Regel 5 Jahre mit 90 Therapietagen.
- C Während der Rehabilitationsphase werden von den betroffenen Familien die Behandlungseinheiten oftmals als mehrtägige Rehabilitationsblöcke in Anspruch genommen.
- D Aufgrund der multimodalen Inhalte ist eine Rehabilitationsbehandlung unter stationären Bedingungen sinnvoll, wobei z. B. für spezialisierte leistungserbringende Rehabilitationseinrichtungen Versorgungsverträge nach § 111 SGB V mit den Kostenträgern bestehen.
- E Unter günstigen sozialen Bedingungen kann die Betreuung auch in teilstationären oder ambulanten Konzepten erfolgen.