

# ATOSnews

⌘ Rotatorenmanschette

Konservative Ruptur-  
behandlung

⌘ Kniegelenk

Operative Versorgung  
von Knorpelschäden

⌘ Bandscheibenvorfall

Operative Behandlung  
an der LWS

# Implantierbare Hörsysteme: Ein Update

von Markus Fischer



*Im Bereich der implantierbaren Hörhilfen werden verschiedene Systeme mit unterschiedlichen Indikationsgebieten unterschieden. Prinzipiell gibt es hier drei große Gruppen: Implantierbare Hörsysteme, Cochlear Implants und Hirnstammimplantate. Im Folgenden sollen die Indikationsunterschiede, Vor- und Nachteile der implantierbaren Hörsysteme und des Cochlear Implants dargestellt werden.*

## Implantierbare Hörsysteme

### BAHA

Im Bereich der implantierbaren Hörsysteme nehmen die Knochenleitungsimplantate (z.B. BAHA/ bone anchored hearing aid) eine gewisse Sonderstellung ein.

Das BAHA wurde 1977 erstmals von Anders Tjellström eingesetzt. Dieses Hörsystem kann mit einem sogenannten Softband bei Kindern die Übertragung über den Knochen auf das Innenohr gewährleisten. Bei Erwachsenen und älteren Kindern ist mittels einer in den Knochen eingebrachten Titanschraube und der Fixierung des Hörgerätes eine Osseointegration möglich.

Die klassischen Indikationsgebiete sind große Ohrfehlbildungen und persistierende Schallleitungsschwerhörigkeiten trotz hörverbessernder mittelohrchirurgischer Maßnahmen z.B. bei chronischen Mittelohrentzündungen. Die Operation kann ab dem 3. Lebensjahr durchgeführt werden. Bei beid-

seitigem pathologischem Befund ist eine beidseitige Versorgung indiziert.

Das BAHA-System wird in aller Regel in zwei operativen Schritten implantiert. Zunächst wird eine selbstschneidende Titanschraube (Bränemark-System) in den Knochen eingebracht. Später wird die Haut über der Titanschraube ausgedünnt und ein Aufsatz, der über das Hautniveau ragt, angebracht (siehe Abb. 1 und 2). Bei älteren Kindern und Erwachsenen können diese beiden Schritte auch in einem Eingriff durchgeführt werden.

Zu dem klassischen BAHA stehen weitere Modifikationen als Alternative zur Verfügung (Epiplating®, alpha®, OBC®). Das BAHA-System liefert eine gute Hörqualität. Die Operation ist einfach durchführbar. Die Kernspintomographie postoperativ ist möglich. Der Hauptnachteil des Gerätes ist der kosmetische Aspekt. Die Komplikationsrate ist sehr gering. Sicherlich hat das BAHA-System weiterhin seine Indikationen, auch

neben den zunehmend auf den Markt drängenden teilimplantierbaren und vollimplantierbaren anderen Hörsystemen (s.u.).

### Teil- und vollimplantierbare Hörsysteme

Wenn auch neuere implantierbare Hörsysteme ihre Einsatzgebiete bei Schallleitungsschwerhörigkeiten haben, stellt deren Domäne die Schallempfindungsschwerhörigkeit dar. Prinzipiell ist hier jedoch das konventionelle Hörgerät die erste Wahl. Dieses sollte verordnet werden, wenn auf dem besser hörenden Ohr im Sprachaudiogramm (Einsilberverstehen im Freiburger Sprachtest) bei 65 dB nicht mehr als 80% der angebotenen Einsilber verstanden werden. Die implantierbaren Hörsysteme bieten Vorteile bzgl. der verbesserten Übertragung von Sprache und Musik und erzielen dadurch bessere postoperative Ergebnisse bzgl. der Sprachdiskriminierung als konventionelle Hörgeräte. Dennoch fragen die meisten Patienten ein implantierbares Hörsystem hauptsächlich deshalb nach, weil sie das Stigma der sichtbaren Hörgeräteversorgung nicht akzeptieren wollen. Jedoch erfordert der Einsatz eines solchen Hörsystems einen operativen Eingriff und die Kosten sind deutlich höher als beim konventionellen Hörgerät.

In der täglichen Praxis wird zwar häufig nach implantierbaren Hörsystemen gefragt, allerdings erwarten die Patienten, wenn sie schon den Aufwand einer Operation eingehen, ein vollimplantierbares, nicht sichtbares System, um das kosmetische Stigma eines sichtbaren Hörgerätes nicht gegen einen weiterhin sichtbaren Audioprozessor bei teilimplantierbaren Hörgeräten zu tauschen. Das



Abb. 1: BAHA Divino  
(Quelle: Cochlear GmbH Hannover)

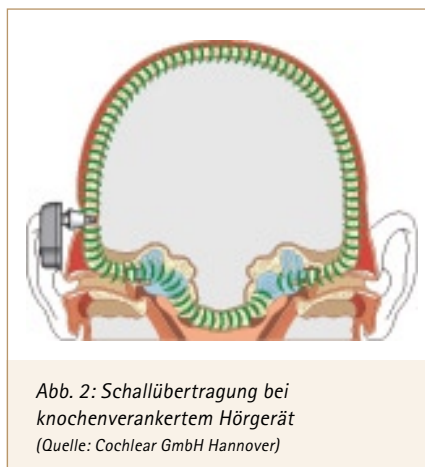
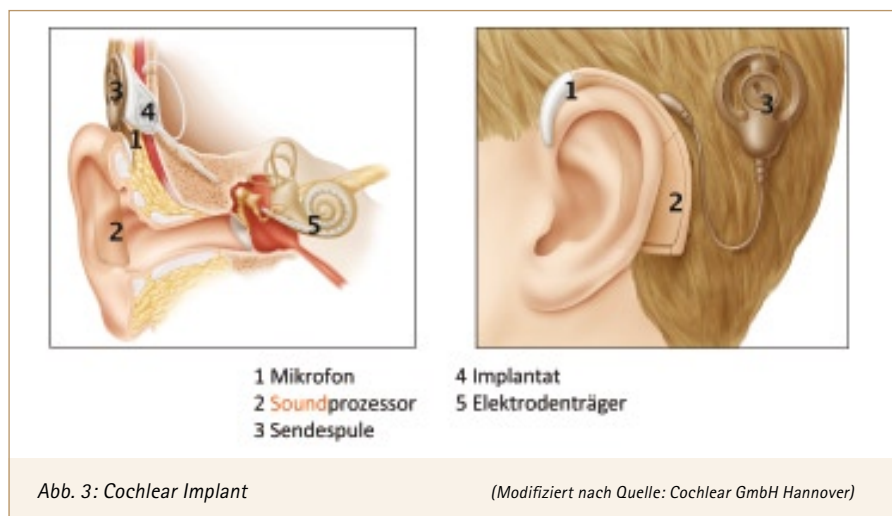


Abb. 2: Schallübertragung bei knochenverankertem Hörgerät  
(Quelle: Cochlear GmbH Hannover)



erste klinisch eingesetzte vollimplantierbare Hörsystem war das totally integrated cochlear amplifier (TICA LZ 3001), welches mit der Tübinger HNO-Klinik entwickelt wurde.

### Teilimplantierbare Hörsysteme

Teilimplantierbare Hörgeräte kommen überwiegend bei Nichttolerieren einer normalen Hörgeräteversorgung aufgrund von anatomischen Besonderheiten bzw. immer wieder auftretenden Gehörgangsentzündungen bei Patienten mit einer Hochtonschwerhörigkeit zum Einsatz. Zwei Hersteller, Fa. MedEl, Innsbruck, Österreich und Fa. Otologics Boulder/CO, USA, sind mit teilimplantierbaren Hörgeräten auf dem Markt vertreten. Die Vibrant Soundbridge (MedEl) enthält einen außen auf dem Kopf befindlichen Audioprozessor. Dieser ist über einen Magnet mit dem unter der Haut befindlichen Empfänger verbunden. Am Audioprozessor befindet sich ein Mikrofon, welches das Schallsignal aufnimmt und nach Umwandlung in ein elektrisches Signal an den subkutan liegenden Empfänger per Induktion überträgt. Dieser leitet das Signal an einen elektromechanischen Wandler weiter, der die Gehörknöchelchenkette in Schwingung setzt. Dieser Wandler (Floating Mass Transducer/FMT) wird am langen Ambossfortsatz angebracht. Durch die direkte Übertragung auf das Innenohr wird eine rückkopplungsfreie Verbesserung der Sprachverständlichkeit erreicht. Bei

dem MET-System (Otologics) überträgt ein middle ear transducer, der durch eine laserchirurgisch gebildete Vertiefung an den Ambosskörper angekoppelt wird, die Schwingung auf die Gehörknöchelchenkette.

Von beiden Herstellern werden zudem Systeme angeboten, bei denen auch eine Möglichkeit besteht, bei Schallleitungsschwerhörigkeiten (Mittelohrschwerhörigkeiten) das Signal unter Umgehung der Gehörknöchelchenkette direkt an das runde Fenster zu übertragen. Dies bedeutet eine Ausweitung des Indikationsbereiches.

### Vollimplantierbare Hörsysteme

Für die vollimplantierbaren Hörsysteme gelten analoge Indikationskriterien wie für die teilimplantierbaren Hörsysteme. Darüber hinaus spielen sie eine Rolle bei besonderer Exposition am Arbeitsplatz oder im Rahmen der Freizeit, wie z.B. Hitze und Feuchtigkeit.

Im Bereich der vollimplantierbaren Hörsysteme gibt es zwei Produkte: Carina, Fa. Otologics Boulder/CO USA und Esteem, Fa. Envoy Medical Minneapolis/MN USA. Beim Carinasystem befinden sich Signalprozessor mit Akku, Mikrofon und Empfängerspule unter der Haut. Das Mikrofon wird über dem Mastoid subkutan implantiert. Die Ankopplung an die Gehörknöchelchenkette geschieht wie oben beim teilimplantierbaren System MET beschrieben (siehe Abb.

3). Beim vollimplantierbaren Hörsystem der Fa. Envoy Medical werden ebenfalls drei Teile implantiert, hierbei handelt es sich um den Prozessor inklusive Batterie und zwei piezoelektrische Wandler (Sensor und Driver). Ein sogenannter Sensor, der am Amboss angebracht wird, nimmt die über das Trommelfell einwirkenden Schallwellen auf. Dieses Signal wird im Prozessor umgewandelt und dann auf den sogenannten Driver, der am Steigbügelköpfchen angekoppelt wird, weitergeleitet. So wird dann die entsprechende Schwingung auf das Innenohr übertragen.

Beim Modell Carina ist auch eine an das runde Fenster angekoppelte Variante unter Umgehung der Gehörknöchelchenkette bei Schallleitungsschwerhörigkeit erhältlich.

Bei den beiden vollimplantierbaren Hörsystemen besteht ein wesentlicher Unterschied darin, dass die Gehörknöchelchenkette beim Produkt der Fa. Envoy Medical zwischen langem Ambossfortsatz und Stapesköpfchen unterbrochen werden muss. Bei aus welchem Grund auch immer nötiger Explantation des Hörsystems ist das Ergebnis einer dann erforderlichen konventionellen Hörgeräteversorgung damit verschlechtert. Prinzipiell ist eine Rekonstruktion der Gehörknöchelchenkette wieder möglich, um dann eine konventionelle Hörgeräteversorgung durchzuführen. Eine residuale Schallleitungsschwerhörigkeit ist allerdings nicht mit Sicherheit auszuschließen.

Das Carina-System bietet hier den großen Vorteil, dass bei nicht zufriedenstellendem postoperativem Ergebnis oder anderer Komplikationen und einem Wunsch nach Explantation eine konventionelle Hörgeräteversorgung mit unveränderter Anatomie und unverändertem Grad an Schallleitungs- und Schallempfindungsschwerhörigkeit wieder möglich ist.

Ein wichtiger Punkt ist die Stromversorgung des Implantates. Beim Esteem-System werden hier Lithium-Ionen-Batterien eingesetzt, deren mittlere Lebensdauer bei 36–48 Monaten liegt und die dann im Rahmen einer Operation ausgewechselt werden müssen. Beim Carina-System werden wiederaufladbare Akkus eingesetzt, die täglich transkutan geladen werden. →



Abb. 5 a und b: a: Nucleus® Freedom™ Implantat mit Contour Advance™ Elektrode  
b: Nucleus® Freedom™ HdO-Soundprozessor mit Sendespule  
(Quelle: Cochlear GmbH Hannover)

### Cochlear Implants

Bei hochgradiger und an Taubheit grenzender Schwerhörigkeit kommen sogenannte Cochlear Implants zum Einsatz, die die Funktion der Hörschnecke übernehmen.

Das erste Experiment mit dem Ziel, einen Höreindruck auf elektrischem Wege zu erreichen geht auf Alessandro Volta (1800) zurück. Dieser löste mit zwei Drähten im äußeren Gehörgang ein elektrisches Hören aus. Die ersten, die versuchten, den Hörnerven extern elektrisch zu stimulieren, waren der Otologe Eyries und der Physiker Djourno in Frankreich. Deren Tierversuche mündeten in die erste Operation beim Menschen 1957. Sie setzten allerdings nur eine Elektrode ein.

Zöllner und Kidel stellten 1963 aufgrund ihrer Experimente und theoretischer Überlegungen Anforderungen an ein Implantat, die nahezu vollständig in dem heute marktführenden Modell mit 24 Elektroden verwirklicht sind. Klinisch jedoch setzten sie selbst nur ein Implantat mit einer Elektrode bei zwei einseitig ertaubten Patienten ein. Lange Zeit scheute man sich, Elektroden intracochleär zu platzieren, sondern positionierte diese am Promontorium oder am runden Fenster; wie auch House in Los Angeles, der als erster ein einkanaliges, transkutanes Implantat zur breiten klinischen Anwendung brachte. Clark in Melbourne gelang der Durchbruch mit einer intracochleären Elektrodenpositionierung. Es dauerte von 1967 bis 1978, bis er seinen ersten Patienten operierte.

Vier verschiedene Hersteller sind z.Z. auf dem Markt vertreten (Cochlear, Lane Cove,

Australien; Fa. Advanced Bionics, Rixheim, Frankreich; Fa. MedEl, Innsbruck, Österreich; Fa. Neurelec Vallauris, Frankreich). Die heute verwendeten Implantate bestehen aus vier Komponenten. Das Mikrophon nimmt den Schall auf und leitet das analoge Signal zum Sprachprozessor. Dieser wandelt akustische Parameter in elektrische um und transformiert diese in ein Stimulationsmuster, welches anschließend an die außen auf der Haut befindliche Sendespule weitergeleitet wird. Diese überträgt das Signal transkutan zur implantierten Empfangsspule mit anschließender Aktivierung der entsprechenden intra- und extracochleären Elektroden (siehe Abb. 4 und 5).

Grundsätzlich kommt ein Cochlear Implant bei hochgradig schwerhörigen oder tauben Patienten in Frage, wenn eine Innenohrtaubheit beidseits vorliegt und der Hörnerv und das zentrale Hörsystem funktionsfähig sind. Weiterhin sollten keine mit einem Hörgerät sinnvoll nutzbaren Hörreste mehr vorhanden sein. Hier muss streng zwischen prälingualer Ertaubung (bis zum 2. Lebensjahr) bzw. taub geborenen Kindern und postlingualer Ertaubung (d.h. nach dem 5. Lebensjahr) unterschieden werden. Taubgeborene Kinder sollten möglichst frühzeitig mit 12 bis maximal 18 Monaten mit einem CI versorgt werden. Bei einer zu späten Implantation ist eine Hörbahnreifung nicht mehr möglich, weshalb bei prälingualer Gehörlosigkeit eine Implantation nach dem 7.–9. Lebensjahr nicht mehr sinnvoll ist. Ein großes Problem ist hierbei die Tatsache, dass heute in Deutschland nach

Finck-Krämer und Mitarbeitern (1998) die Taubheit eines Kindes im Durchschnitt erst mit 20 Monaten festgestellt wird.

Eine besondere Situation stellt eine Ertaubung nach Meningitis dar. Hier droht, zu meist nach Pneumokokkenmeningitis, eine Sklerosierung der Cochlea, wodurch eine erfolgreiche Implantation verhindert oder deutlich erschwert wird. Deshalb ist hier nach Feststellung der Ertaubung eine umgehende Implantation anzustreben.

Die hoch standardisierte Cochlear-Implant-Operation selbst besteht aus einer Mastoidektomie, dem Fräsen eines Implantatbettes in der Schädelkalotte und Anlage eines Zuganges zur Paukenhöhle. Anschließend wird eine Öffnung in die Cochlea gefräst (Cochleostomie), über welche die Elektroden in die Scala tympani eingeführt werden. Intraoperativ wird der Stapediusreflex elektrisch ausgelöst, auch können z.B. im Rahmen der Neural Response Telemetry (NRT) Aktionspotentiale im Hörnerven gemessen werden. Diese Parameter sind bei der ersten Einstellung des Sprachprozessors hilfreich, um die Schmerzschwelle, insbesondere bei Kindern, nicht zu erreichen.

Entscheidend für den Erfolg der Cochlear-Implant-Versorgung ist die Rehabilitation. Ohne eine intensive Nachbetreuung mit Sprachprozessoranpassung und logopädischer Übungsbehandlung bzw. Hör-Spracherziehung kann die Cochlear-Implant-Chirurgie nur begrenzt erfolgreich sein.

### Hirnstammimplantate

Bei Ausfall des Hörnervs gibt es heute die Möglichkeit, sogenannte Hirnstammimplantate unter Umgehung des Innenohres und des Hörnervs einzusetzen. Diese Technik ist allerdings nur für extrem seltene Erkrankungen reserviert. Die Ergebnisse sind bisher überwiegend unbefriedigend. ⚡

*Prof. Dr. Markus Fischer  
Hals-Nasen-Ohrenheilkunde,  
plastische Operationen  
Spezielle HNO-Chirurgie*

*fischer@atos.de*