

Die Behandlung der Mittel- und Innenohrschwerhörigkeit

J. Oeken

Zusammenfassung

Die Schwerhörigkeit stellt ein Handicap dar, welches heute in den meisten Fällen gut therapier- oder rehabilitierbar ist. Während bei Erkrankungen im Bereich des Mittelohres die Chance einer Hörverbesserung durch operative Verfahren besteht, steht bei den Erkrankungen des Innenohres die Rehabilitation mit Hörgeräten im Vordergrund. Einen Sonderfall stellt die hochgradige an Taubheit grenzende Schwerhörigkeit dar, in welcher die Applikation eines Cochlear Implantates zur Anwendung kommt.

Einleitung

Die Schwerhörigkeit stellt ein gesundheitspolitisch bedeutsames Problem dar. Es wird geschätzt, dass in Deutschland über 10 Mio. Einwohner von einer Schwerhörigkeit von mehr als 25 dB betroffen sind. In der EU wird deren Gesamtzahl auf ca. 55 Mio. geschätzt [1]. In den letzten Jahrzehnten wurden enorme Fortschritte in Diagnostik und Therapie der Schwerhörigkeit gemacht, insbesondere auf dem Gebiet der hörverbessernden Mikrochirurgie sowie der technischen Entwicklung von Hörsystemen, so dass es gerechtfertigt erscheint, eine Übersicht der Therapieoptionen zu geben.

Unser Hörorgan ist in der Lage, mechanische Schallwellen in elektrische Potenziale umzuwandeln, wobei Mittel- und Innenohr eine besondere Bedeutung zukommen. Das Mittelohr hat die Funktion, durch einen Verstärkermechanismus die Impedanz (Widerstand) zu überwinden, die die Flüssigkeiten des Innenohres den aus einem gasförmigen Milieu einwirkenden Schallwellen entgegensetzen. Das Innenohr führt mit Hilfe der inneren und äußeren Haarzellen über einen komplizierten mikromechanischen Verstärkungsvorgang die eigentliche mechanoelektrische Transduktion durch [2]. Störungen dieser Vorgänge machen den Großteil aller Schwerhörigkeiten

aus. Die weitaus selteneren Schwerhörigkeitsursachen im Bereich des äußeren Ohrs und der zentralen Verarbeitung sollen im Folgenden nicht betrachtet werden.

Topodiagnostik und Ausmaß einer Hörstörung lassen sich mit modernen audiometrischen Methoden sehr genau einschätzen. Dabei spielen nach wie vor die Stimmgabeltests und die Tonschwellenaudiometrie eine wesentliche Rolle, da mit ihrer Hilfe die Unterscheidung einer Schallleitungsschwerhörigkeit (SLS) und einer Schallempfindungsschwerhörigkeit (SES) gelingt. Dies ist für die weitere Therapie entscheidend, da sich Defekte des Mittelohrs als SLS (sogenannte „Mittelohrschwerhörigkeit“) und Defekte des Innenohrs als SES (sogenannte „Innenohrschwerhörigkeit (IOS)“) manifestieren. Auf die zahlreichen weiteren audiometrischen Testverfahren (überschwellige Audiometrie, zentrale Hörtests, Impedanzaudiometrie, otoakustische Emissionen, electric response audiometry [ERA], auditory steady state responses [ASSR] etc.) soll hier nicht weiter eingegangen werden [3].

Ein Hörverlust wird in dB HL (hearing level) je Frequenz angegeben. Die Einheit Dezibel gibt dabei den mit zwanzig multiplizierten dekadischen Logarithmus des Verhältnisses des tatsächlich anliegenden Schalldrucks zu einem Basisschalldruck (20 μ Pa = der Wert bei dem ein Mensch gerade eben hört) an. Das Hörfeld des Menschen liegt im Bereich zwischen 20 und 16000 Hz und reicht (bei 1000 Hz) von der Hörschwelle bei 0 dB bis zur Schmerzschwelle bei 120 bis 130 dB. Die Hörschwelle ist gekrümmt, das heißt bei tiefen und hohen Frequenzen hört der Mensch physiologischerweise etwas „schlechter“, am empfindlichsten ist das Gehör bei 1000 Hz. Für die Angabe des Hörvermögens im Audiogramm wird die gekrümmte Schwelle „begradigt“, das heißt es wird ausschließlich der Hörverlust je Frequenz angegeben [4].

Schalleitungsschwerhörigkeit und hörverbessernde Operationen

Verschiedene pathogenetische Mechanismen am Mittelohr können eine SLS hervorrufen:

- Störungen der Druckverhältnisse in der Paukenhöhle mit/ohne Ergussbildung,
- Veränderungen am Trommelfell (Perforationen, Tympanosklerose),
- Veränderungen an der Gehörknöchelchenkette (Arrosionen, Otoskleroseherde etc.).

Folgende relativ häufig vorkommende Erkrankungen führen über die oben genannte Mechanismen zur SLS:

Das **Seromukotympanon** ist die häufigste bei Kindern im Vorschul- und frühen Schulalter auftretende SLS. Es ist Folge einer Insuffizienz der Tuba auditiva aufgrund einer hyperplastischen Rachenmandel (Adenoidie). Ein wegen des nicht mehr möglichen Druckausgleichs entstehender chronischer Unterdruck wird durch Bildung eines leimartigen Sekrets in der Paukenhöhle ausgeglichen (so genannte „glue ear“). Als Therapie wird zunächst eine konservative Druckausgleichstherapie unter Verwendung von Ballons durchgeführt, die mit der Nase aufgeblasen werden müssen (um die Tube zu „durchsprengen“). In den meisten Fällen muss jedoch eine Resektion der hyperplastischen Rachenmandel (Adenotomie) mit Einlage eines Paukenröhrchens (Paukendrainage) stattfinden (Abb.1). Allein an der Chemnitzer HNO-Klinik werden jährlich über 200 Kinder einer Paukendrainage unterzogen.

Die **Otitis media chronica** führt zur Ausbildung von Perforationen am Trommelfell (Abb.2), Arrosionen an der Gehörknöchelchenkette und/oder Verkalkungen an verschiedenen Mittelohrstrukturen (Tympanoskle-



Abbildung 1: Z. n. Paukendrainage. Das Paukenröhrchen befindet sich im linken Trommelfell

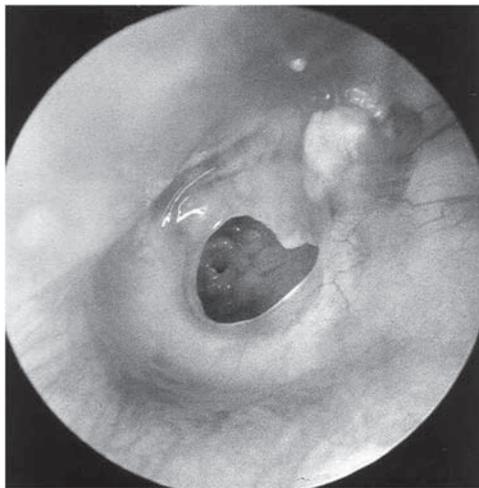


Abbildung 2: Zentrale Trommelperforation bei chronischer Otitis media mesotympanalis

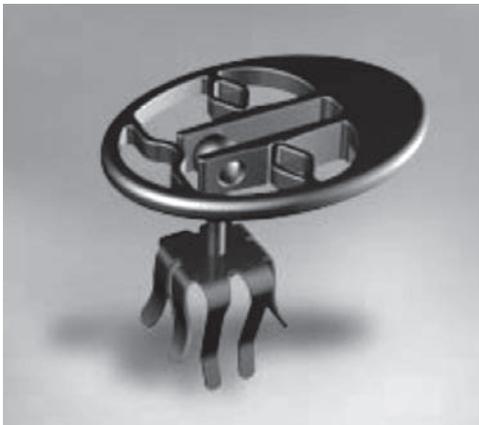


Abbildung 3: Moderne Partialprothese aus Titan der Fa. Kurz. Diese wird auf das Stapesköpchen aufgesetzt, der bewegliche Schirm kommt unter das Transplantat bzw. Trommelfell.

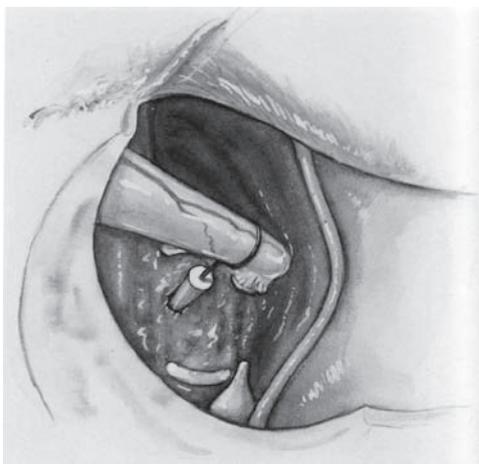


Abbildung 4: Situation nach Applikation einer Stapesprothese

rose). Wegen der dadurch entstehenden Verminderung der Trommelfelloberfläche, der Gehörknöchelchenkettenunterbrechung, gestörter elastischer Eigenschaften sowie Interferenzeffekte durch gleichzeitiges Ein-

wirken der Schallwellen auf ovales und rundes Fenster kommt es zur SLS unterschiedlichen Ausmaßes [5]. Die Therapie der Wahl besteht in der Durchführung eines operativen Eingriffs, der Tympanoplastik. Dabei wird die Perforation durch körpereigenes Gewebe (Perichondrium, Knorpel) verschlossen und die Gehörknöchelchenkette durch alloplastisches Material rekonstruiert. In den letzten Jahren haben sich dabei Titanprothesen in unterschiedlicher Ausführung durchgesetzt (PORP = partial ossicular replacement prothesis [Abb.3], TORP = total ossicular replacement prothesis). Damit gelingt in vielen Fällen eine deutliche Hörverbesserung. Lediglich in den Fällen, bei denen wegen einer Cholesteatombildung eine Radikaloperation im Bereich des Mittelohres notwendig ist, liegen die Ergebnisse nicht immer im gewünschten Ausmaß. An der HNO-Klinik des Klinikums Chemnitz werden pro Jahr etwa 150 Tympanoplastiken durchgeführt.

Die **Otosklerose** stellt eine auf das Felsenbein beschränkte Knochenerkrankung unbekannter Ätiologie dar, vermutet werden genetische, hormonelle, virale und andere Ursachen. Dabei bilden sich Knochenneubildungen, die bevorzugt im Bereich des Ringbandes des Steigbügels liegen und zu einer Stapesankylose führen. Es resultiert eine SLS, die sich hervorragend durch einen operativen Eingriff, der Stapesplastik, behandeln lässt. Das Hörgerät sollte nur eine Alternative für Ausnahmefälle darstellen. Leider trifft man immer wieder Patienten an, die selbst vom HNO-Facharzt diesbezüglich falsch beraten wurden. Bei der Stapesplastik wird die Stapes suprastruktur reseziert, die Fußplatte perforiert und eine spezielle Prothese (aus Platin und Teflon oder aus Titan) eingesetzt. Das eine Ende der Prothese wird mit einer Öse am langen Ambossfortsatz fixiert und das andere zylinderförmige Ende (so genannte Piston) taucht in die Fußplattenperforation ein (Abb.4). Damit ist das System wieder schwingungsfähig. Die Erfolgsraten liegen in der Hand des Erfahrenen bei über 90 Prozent [6]

(Abb.5). Da dieser Eingriff rein elektiv ist, sollten die Patienten nur von Operateuren mit großer Erfahrung operiert werden. Dadurch gelingt es auch am besten, die Gefahr der Ertaubung deutlich unter einem Prozent zu halten. An der Chemnitzer HNO-Klinik haben wir seit 2003 mehr als 200 Stapesplastiken durchgeführt, der Eingriff wird – unabhängig vom Versicherungsstatus des Patienten – immer durch den gleichen Operateur (und Autor dieses Artikels) durchgeführt.

Seltener Ursachen einer SLS sind die **traumatische Gehörknöchelchenunterbrechung** und die **Mittelohrfehlbildung**. Während erstere sehr gut durch eine Tympanoplastik mit Implantation einer PORP oder TORP zu beherrschen ist, sollte man bei den Fehlbildungen eine operative Intervention genau abwägen. Kleinere Fehlbildungen mit intaktem Gehörgang können mitunter problemlos zum Beispiel im Rahmen einer Stapesplastik versorgt werden, währenddessen größere Fehlbildungen mit Atresie des Gehörganges nicht zuletzt wegen einer möglichen Fehllage des N.fac. problematisch sind [7]. In diesen Fällen ist mitunter die Implantation eines knochenverankerten Hörgerätes (s.u.) sinnvoller. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Behandlung der SLS in erster Linie mikrochirurgisch erfolgen und Hörgeräte nur im Ausnahmefall zur Anwendung kommen sollten. Für den medizinisch Historisch Interessierten sei erwähnt, dass der erste Einsatz von OP-Mikroskopen in den 1920er-Jahren in der Mittelohrchirurgie stattfand.

Schallempfindungsschwerhörigkeit

Die SES wird ebenfalls durch verschiedene pathologische Mechanismen hervorgerufen:

- Funktionsstörung oder Zerstörung der äußeren und/oder inneren Haarzellen,
- Störung der Mikromechanik durch Hydropsbildung im Ductus endolymphaticus,
- Störungen der Weiterleitung im Hörnerv, Hirnstamm oder im ZNS.

Zirka 95 Prozent der SES wird durch Veränderungen an den Sinneszellen des Innenohrs verursacht, auf die wir uns in den folgenden Ausführungen beschränken wollen.

Der **Hörsturz** ist eine plötzlich einseitig auftretende SES unterschiedlichen Ausmaßes, deren Ursache bis zum heutigen Tage nicht geklärt ist. Die Spontanremissionsrate ist hoch und die über Jahre durchgeführte durchblutungsfördernde Infusionstherapie hat keine signifikante Verbesserung der Ergebnisse gebracht [8]. Auch die Verabreichung von Glukokortikoiden sowie die Durchführung einer Tympanoskopie bei plötzlich aufgetretener einseitiger Taubheit unter dem Verdacht einer Rundfenstermembranruptur sind kritisch zu hinterfragen. Der Hörsturz gilt nicht mehr als Notfall!

Die **Altersschwerhörigkeit** (Presbyakusis) ist die Folge degenerativer Vorgänge. Da die Fähigkeit zur Regeneration von Haarzellen beim Säuger (also auch beim Menschen) nicht mehr vorhanden und ihre Zahl begrenzt ist, ca. 3500 innere und 12.000 äußere Haarzellen, führen verschiedenste endo- und exogene Einflüsse im Lauf eines Lebens zu deren irreversiblen Absterben. Wenn dabei eine kritische Menge von Sinneszellen betroffen ist, kommt es zu einer messbaren Einschränkung der Hörfunktion, die immer in den hohen Frequenzen beginnt und erst später auch die tieferen Frequenzen betrifft.

Ein akustisches Trauma kann in Form akuter und chronischer Lärmeinwirkung zur Schädigung des Hörorgans führen. Eine kurzzeitige Lärmeinwirkung im Millisekundenbereich mit einer Intensität von mehr als 150 dB (A) kann je nach Dauer der Einwirkung zum **Knall- oder Explosions-trauma** führen [9]. Typisches Beispiel ist das Knalltrauma nach Explosion von Feuerwerkskörpern. Längere Lärmeinwirkungen von einigen Stunden (zum Beispiel nach Rockkonzerten) können auch schon bei geringeren Lärmintensitäten zu Hörschäden führen, die sich zunächst als zeitwei-

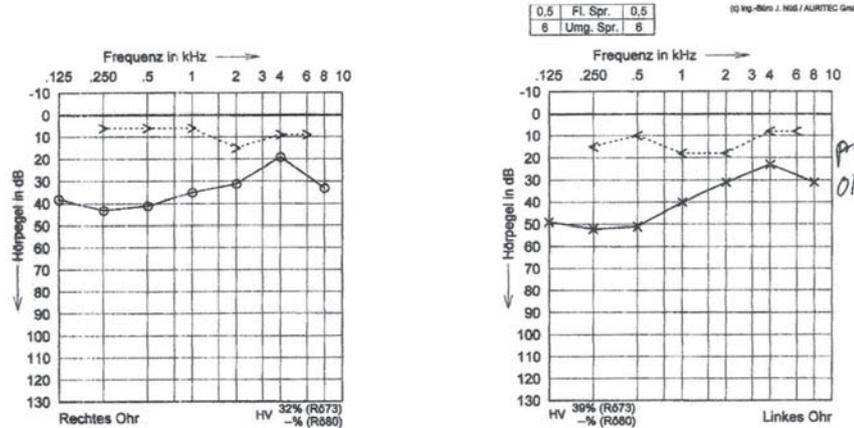


Abbildung 5a: Audiogramm bei beidseitiger Otosklerose

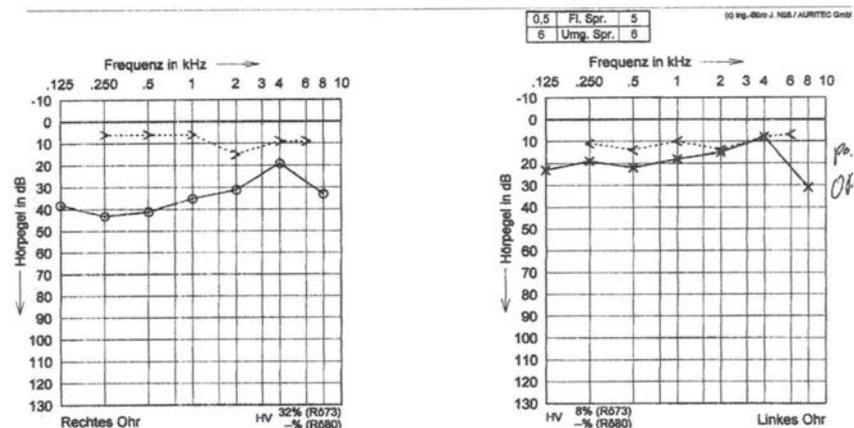


Abbildung 5b. Audiogramm des gleichen Patienten nach Stapesplastik links

liger Schwellenschwund (temporary threshold shift = TTS) bemerkbar machen, bei häufigem Auftreten aber in einen persistierenden Schwellenschwund (persistent threshold shift) übergehen können. Audiometrisch ist bei den akuten Lärmschäden oft eine Senke bei 4 kHz (sogenannte C5-Senke) im Tonschwellenaudiogramm feststellbar. Nach akuter

Lärmschädigung ist eine systemische Verabreichung von Glukokortikoiden durchaus sinnvoll, wie im Tierversuch nachgewiesen werden konnte [10]. Eine chronische Lärmeinwirkung von mehr als 85 dB (A) kann bei entsprechender Einwirkungsdauer zur typischen Lärmschwerhörigkeit führen (Abb.6). Handelt es sich um eine berufsbedingte Lärmexposition, wird

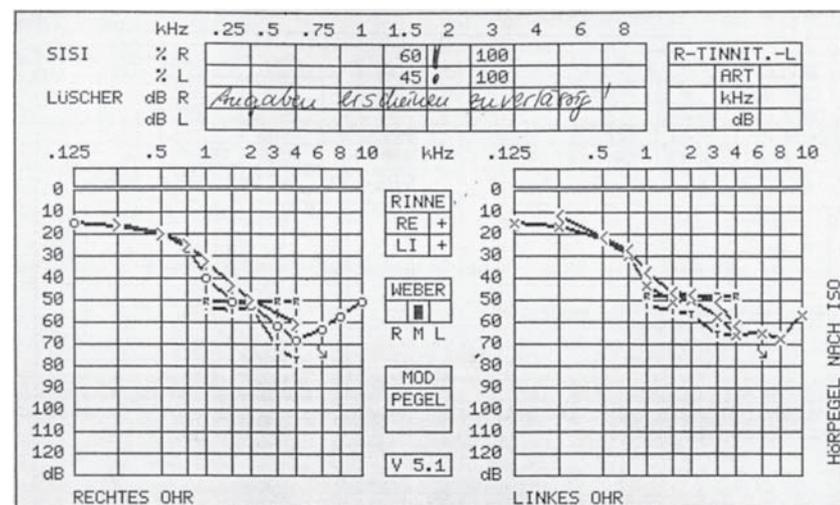


Abbildung 6: Typische berufsbedingte Lärmschwerhörigkeit



Abbildung 7: Halbschematische Darstellung eines HdO (Hinter dem Ohr)-Hörgeräts

eine derartige Hörstörung als Berufskrankheit anerkannt (BK 2301). Die Lärmschwerhörigkeit beginnt ebenfalls als C5-Senke, die sich dann zu einer Hochtonschwerhörigkeit entwickelt [11]. Lärmschwerhörigkeiten sind aufgrund des Haarzellverlustes irreversibel.

Die oben genannten Erkrankungsbilder sind die häufigsten Ursachen einer SES, daneben gibt es jedoch noch zahlreiche weitere Krankheitsbilder, die hier nur summarisch genannt werden sollen: SES durch Einwirkung ototoxischer Medikamente (Aminoglykosid-Antibiotika, Zytostatika), hereditäre SES (syndromal oder nicht-syndromal), SES als Folge eines M. Menière, SES als Folge eines Vestibularisschwannoms. Außerdem gibt es die Gruppe der prä- und perinatal erworbenen SES, die bekanntesten Ursachen dürften dabei die Rötelnembryopathie, die Rh-Faktor-Unverträglichkeit mit Neugeborenenikterus sowie die Asphyxie unter der Geburt sein. Es sollte in diesem Zusammenhang auf die bedeutende Rolle der Früherkennung von angeborenen Hörstörungen hingewiesen werden, die immerhin bei einem von tausend Neugeborenen auftritt [12]. Ziel ist es, eine derartige Hörstörung bis zum dritten Lebensmonat zu erkennen, damit bis zum sechsten Lebensmonat eine entsprechende Therapie eingeleitet werden kann. Deshalb wurde die Durchführung einer Screeninguntersuchung

mittels otoakustischer Emissionen oder früher akustisch evozierter Potenziale zum Ausschluss des Vorliegens einer angeborenen Hörstörung inzwischen auch in Deutschland gesetzlich geregelt [13].

Für die Behandlung der SES gilt ganz allgemein, dass die akut auftretenden Hörstörungen (akutes Lärma-trauma, Hörsturz) einen Behandlungsversuch mit Glukokortikoiden erlauben. Ansonsten ist eine SES irreversibel, das heißt eine Heilung ist nicht möglich. Die einzige Möglichkeit, das Hörvermögen zu verbessern, besteht in einer apparativen Versorgung mit Hörgeräten oder -systemen.

Hörgeräteversorgung

Die Versorgung einer SES mit Hörgeräten ist komplizierter als man gemeinhin annimmt. Dies ergibt sich aus zwei Eigenschaften: der Innenohrschwerhörigkeit, ihres unterschiedlichen Frequenzverlaufs und des Vorhandenseins eines Rekrutments (Lautheitsausgleich). Der typische Frequenzgang einer SES erfordert, dass ein komplexes Schallereignis durch das Hörgerät in verschiedene Frequenzbänder zerlegt wird, die dann unterschiedlich stark verstärkt werden müssen. Das Phänomen des Rekrutments bedeutet, dass bei Patienten mit einer SES zwar die Hörschwelle schlechter ist als beim Gesunden, die Unbehaglichkeitsschwelle aber bei gleichen oder sogar niedrigeren dB-Werten erreicht wird, d.h. das Hörfeld ist beim Innenohrschwerhörigen nicht verschoben sondern komprimiert. Ein Hörgerät muss also leise akustische Signale verstärken, währenddessen laute Signale nicht verstärkt werden dürfen. Diese nichtlineare Funktionsweise gelingt heute durch die Anwendung der Mikroelektronik und digitaler Verfahren zunehmend besser. Das analoge akustische Signal wird dabei über ein Mikrofon aufgenommen, in ein digitales Signal gewandelt, durch einen programmierbaren Signalprozessor entsprechend den individuellen Verhältnissen verändert, wieder in ein nunmehr verändertes analoges Signal zurückverwandelt

und über einen Lautsprecher (Hörer) in den Gehörgang ausgestrahlt [14]. Wegen der Rückkopplung müssen Hörer und Mikrofon schalldicht voneinander isoliert werden, was in der Praxis mit Hilfe einer sog. Otoplastik erfolgt. Inzwischen wurde eine elektronische Rückkopplungsunterdrückung entwickelt, was eine „offene“ Versorgung (das heißt Verzicht auf eine Otoplastik oder Otoplastik mit sehr großer Perforation) ermöglicht. Zusätzlich lassen sich noch verschiedene andere technische Feinheiten zur Anwendung bringen, wie die Verwendung von Richtmikrofonen, Störschallunterdrückung etc. Wegen ihrer komplizierten Arbeitsweise werden Hörgeräte heute auch als Hörsysteme bezeichnet. Hörgeräte können nach ihrem Sitz in HdO- (Hinter-dem-Ohr) und IO- (Im-Ohr) Geräte unterschieden werden (Abb.7). Aufgrund der Miniaturisierung der Bauteile sind sie inzwischen so klein, dass sie kaum noch auffallen. Damit kann der Vorwurf einer Stigmatisierung durch das Tragen von Hörgeräten völlig entkräftet werden. Eine beidseitige Versorgung gilt heute als regelhaft.

Bei der Hörgeräteverordnung kommt in Deutschland ein duales System zur Anwendung. Dabei obliegt dem niedergelassenen HNO-Arzt die Indikationsstellung, während der Verkauf und die Anpassung des Hörgerätes dem Hörgeräteakustiker überlassen wird. Der Anpassungsvorgang erfordert in der Regel mehrfache Sitzungen, da ein gewisser Trainings- und Gewöhnungseffekt mehrfache Nach-einstellungen notwendig macht. Nach Abschluss der Anpassung überzeugt sich der HNO-Arzt durch eine eigene Untersuchung und Messung von deren Ergebnis [15]. Dieses Vorgehen ist sehr sinnvoll, da der Arzt sich zunächst davon überzeugen kann, ob eine Erkrankung vorliegt, und erst nach deren Ausschluss den Patienten an den rein kommerziell arbeitenden Hörgeräteakustiker überweist. Alle Abweichungen von diesem System führten in der Vergangenheit zu problematischen Situationen. Bei alleiniger Versorgung durch



Abbildung 8: Externer Anteil (Mikrophon, Sprachprozessor und Sendespule) eines Cochlear Implant

den HNO-Arzt wurde zwar meistens die Indikation richtig gestellt, durch Unkenntnis der technischen Möglichkeiten war aber die HG-Versorgung selbst oftmals unzureichend. Bei primärer Versorgung durch den HG-Akustiker überwogen meist kommerzielle Interessen, so dass auch SLS-Fälle, die durch eine entsprechende Operation hervorragend therapiert werden könnten, mit einem Hörsystem rehabilitiert wurden.

Eine besondere Entwicklung stellen die implantierbaren Hörgeräte dar. Man unterscheidet knochenverankerte (bone-anchored hearing aid = BAHA), semiimplantierbare und voll implantierbare Systeme. Sie sind speziellen Situationen vorbehalten, bei denen eine normale HG-Versorgung nicht möglich ist. Beim BAHA wird ein Titananker in den Knochen der retroaurikulären Schädelkalotte eingebracht. Über eine Kupplung wird das Hörgerät mit diesem Anker in Verbindung gebracht, die Schallwellen werden dann über die Knochenleitung direkt in das Innenohr geleitet. Dies bietet sich bei Patienten an, die an einer beidseitigen Mittelohrfehlbildung mit Gehörgangsatresie leiden [16]. Auch Patienten mit nicht sanierbarer eitriger chronischer Mittelohrentzündung, feuchter Radikalhöhle oder chronischer Gehörgangsentzündung profitieren von einem derartigen Gerät. Noch besser hat sich in diesen Fällen aber neuerdings die Applikation der sogenannte vibrant sound bridge bewährt, wobei es sich um ein semiimplantierbares Hörgerät handelt. Dabei wird im Rah-

men einer so genannten Vibroplastik ein vibrierender zylinderartiger „floating mass transducer“ in Kontakt mit den Gehörknöchelchen oder dem runden Fenster gebracht [17]. Die vollimplantierbaren Hörgeräte mit einer Ankopplung von Metallstößeln an die Gehörknöchelchen sollten zurzeit noch mit äußerster Vorsicht indiziert werden. Der Nachweis einer audiometrischen Überlegenheit gegenüber sehr guten konventionellen Hörgeräten steht noch aus und das Operationstrauma sowie das Ausmaß der implantierten Fremdkörper sind nicht unerheblich [18]. Hier wird die Miniaturisierung der Bauteile in den nächsten Jahren sicherlich die Entwicklung noch ausgereifterer Systeme ermöglichen.

Cochlear Implantat

Bei der Versorgung von Patienten mit einer an Taubheit grenzenden Schwerhörigkeit bzw. einer vollständigen Taubheit hat sich in den letzten 20 Jahren die Applikation eines Cochlear Implantats durchgesetzt. Dies stellt eine segensreiche Entwicklung dar, da diese Patienten bis dahin auf das Ablesen vom Mund oder auf die Gebärdensprache angewiesen waren.

Ein Cochlear Implantat besteht aus einem externen und einem internen (das heißt zu implantierenden) Anteil. Der externe Anteil besteht aus Mikrofon, Sprachprozessor und Sendespule (Abb.8), der interne aus Empfangsspule (die unter der Kopfhaut angebracht wird) sowie den Elektroden (die in die Cochlea appliziert werden). Dadurch wird eine direkte Reizung des Hörnervs möglich, die zu einem Verständnis akustischer Signale führt [19]. Da Einstellung des Gerätes und Beübung der Patienten extrem aufwändig sind und ein zusätzlicher Stab an Ingenieuren, Physikern, Hörgeschädigtenpädagogen und technischen Assistenten erforderlich ist, wird die Implantation nur in bestimmten Zentren durchgeführt. In Sachsen bestehen derzeit zwei Zentren, das SCIC an der HNO-Klinik der TU Dresden sowie das CI-Zentrum der HNO-Klinik der Universität Leipzig.

Cochlear Implants werden ständig weiter entwickelt, auch die Indikationen zu deren Applikation werden heute deutlich weiter gefasst. Inzwischen werden zum Beispiel auch hochgradige Schwerhörigkeiten, die mit Hörgeräten nur ungenügend rehabilitiert werden können, mit einem CI versorgt. Die Möglichkeit der elektroakustischen Stimulation in Kombination mit einer Innenohrschonenden Operationsweise erlaubt es, auch Patienten zu versorgen, die nur im Hochtonbereich ertaubt sind, im Tieftonbereich jedoch noch erhebliche Hörreste aufweisen. Nicht zuletzt wurden auch Hirnstammimplantate entwickelt, die auch die Funktion des Hörnervs überbrücken können.

Literatur beim Verfasser

Anschrift des Verfassers
 Prof. Dr. med. habil. Jens Oeken
 Klinik für HNO-Heilkunde, Kopf- und
 Halschirurgie
 Klinikum Chemnitz gGmbH
 Flemmingstraße 2, 09116 Chemnitz
 Tel. 0371 333 34300
 Fax 0371 333 34302
 E-Mail: jens.oeken@skc.de