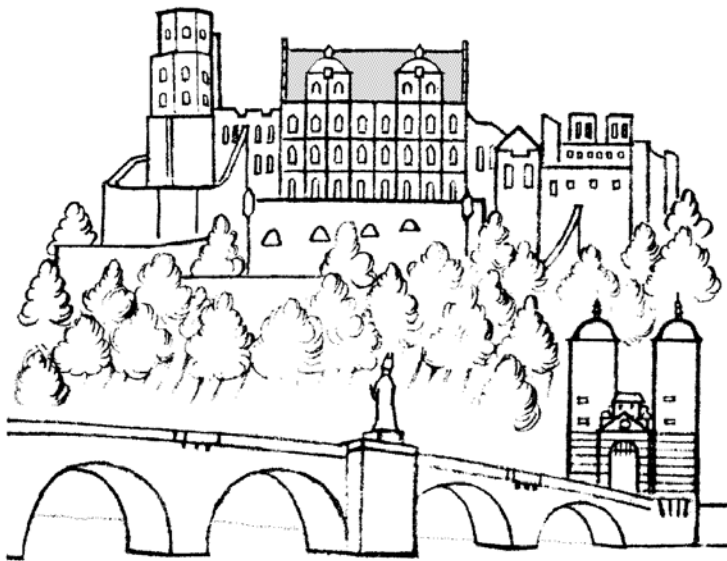


Das Cochlea-Implantat

Eine Informationsschrift für Patienten



Univ.-HNO-Klinik Heidelberg

Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. med. P.K. Plinkert

Funktionsbereich Audiologie: Prof. Dr. rer.nat. S. Hoth

Vorworte

Cochlea-Implantate ersetzen das verlorengegangene Gehör.

Cochlea-Implantate dienen der Rehabilitation von tauben und resthörigen Patienten.

Cochlea-Implantate werden von einigen Menschen abgelehnt.

Cochlea-Implantate verhelfen vielen Menschen zur Kommunikation.

Cochlea-Implantate helfen gehörlosen Menschen bei der Lautsprachbildung.

Cochlea-Implantate fördern die Entwicklung gehörlos geborener Kinder.

Cochlea-Implantate helfen dort, wo Hörgeräte keine Hilfe bringen.

Cochlea-Implantate werden mit CI abgekürzt.

Das CI dient der Information.

Das CI bedarf der Information.

Daher haben wir diese Informationsschrift verfasst. Sie ist gedacht für Patienten vor und nach der Versorgung sowie für Angehörige und Betreuer (Therapeuten, Lehrer und Erzieher) dieser Patienten.

Heidelberg, im November 2007

Inhaltsverzeichnis

Das Gehör ist unser wichtigstes Sinnesorgan	Seite 7
Gehörlosigkeit muss man nicht hinnehmen	Seite 9
Der Versuch, das Innenohr technisch nachzubilden	Seite 10
Sprache zerlegen und verschlüsseln	Seite 15
Wem kann mit einem CI geholfen werden?	Seite 17
Die Operation und die Tage danach	Seite 20
Die technische Betreuung	Seite 22
Hörtraining und Sprachtherapie	Seite 25
Der Alltag des CI-Trägers	Seite 27
Wie gut hört und versteht ein CI-Träger?	Seite 31
Schluss	Seite 33

Das Gehör ist unser wichtigstes Sinnesorgan

Es ist nicht lange her, da war Gehörlosigkeit ein Schicksal, mit dem sich die Betroffenen abfinden mussten. Das Gehör, vor dessen Leistungsfähigkeit der Mensch erst durch den Versuch, es durch eine Prothese zu ersetzen, so richtig Respekt gewonnen hat, dieses Gehör lässt sich, wenn es einmal verlorengegangen ist, durch keine ärztliche Maßnahme wiederherstellen. Weil die Natur dieses wertvolle Sinnesorgan besonders gut gegen Beschädigung schützen wollte, hat sie es tief in den härtesten Knochen des menschlichen Skeletts eingebettet. Dieser Schutz vor Fremdeinwirkung ist so vollkommen, dass er auch Heilungsversuchen standhält. Nicht nur operative Eingriffe sind schwierig oder unmöglich, sondern selbst die Blutversorgung des Innenohres ist wegen seiner Kleinheit besonders erschwert. Dies hat die Folge, dass die Zufuhr von lebenswichtigen Substanzen und Medikamenten behindert sein kann und schon bei geringfügiger Überlastung kritische Situationen eintreten können.

Nicht nur, weil es für die Betroffenen bisher keine Hilfe gab, ist der Verlust des Hörvermögens besonders schwerwiegend, sondern

- weil die Gehörlosigkeit für andere nicht sichtbar ist,
- weil der Gehörlose wegen seiner eingeschränkten Kommunikationsfähigkeit seine Mitmenschen über die Tragweite seines Leidens nicht informieren kann,
- und weil er dort, wo er es dennoch versucht, auf Vorurteile stößt.

Die Hörenden sind es nun einmal gewöhnt, nur solche Menschen, die einen gesprochenen Satz sofort verstehen und befolgen können, als intellektuell vollwertig anzusehen. Am stärksten trifft dieses Vorurteil die von Geburt an Betroffenen, wenn sie Sprache von den Lippen ablesen müssen und selbst bei größten Anstrengungen eine nur mangelhafte Lautsprache ausbilden konnten. Gehörlose wissen, dass sie ein Leben lang gegen das Vorurteil eingeschränkter Intelligenz (*doof* [holl.] = *taub*) ankämpfen müssen.

”Nicht sehen können heißt, die Menschen von den Dingen trennen, nicht hören können heißt, die Menschen von den Menschen trennen” (Immanuel Kant zugeschrieben). Obwohl diese Äußerung unmittelbar nachvollziehbar ist – die meisten Menschen geben dennoch an, sie würden eher auf das Gehör verzichten, wenn sie vor der Wahl stünden, entweder das Seh- oder das Hörvermögen aufgeben zu müssen. Von Menschen, die blind *und* taub sind, wissen wir aber, dass der Verlust des Ge-

hört sehr viel schwerer wiegt als das fehlende Sehvermögen. Hören ist gewissermaßen selbstverständlich, denn das Innenohr ist bereits im fünften Schwangerschaftsmonat voll ausgebildet und es versorgt uns ab dem ersten Lebenstag pausenlos mit Information. Anders als den Sehsinn schalten wir das Gehör auch während des Schlafes nicht ab, und wir können selbst durch Verschließen der Gehörgänge die akustische Verbindung zur Umwelt nicht vollständig unterbrechen. Wegen dieser Selbstverständlichkeit des Hörens sind wir uns seiner Bedeutung häufig nicht bewusst. Und aus demselben Grund ist es für Hörende eigentlich nicht möglich, sich in die Situation eines Hörbehinderten hineinzusetzen.

„Dass wir miteinander reden können, macht uns zu Menschen“ (Karl Jaspers). Vor allem in den ersten Lebensjahren hat die Funktionsfähigkeit des Gehörs größte Bedeutung für die kognitive, sprachliche, intellektuelle und psychosoziale Entwicklung eines Individuums. Den Großteil unserer Kenntnisse, Fähigkeiten und Erfahrungen erwerben wir über die auditive Wahrnehmung der Umwelt. Wenn der Spracherwerb erfolgreich abgeschlossen ist, können wir unser Wissen auch durch die Lektüre geschriebener Texte erweitern. Bücher enthalten aber nichts anderes als Sprache, die in visuell verwertbaren Mustern festgehalten ist.

Die sprachliche Kommunikation hat großen Einfluss auf das seelische Wohlbefinden des Menschen. Worte verbinden die Menschen miteinander, sie können aber auch mehr als alles Andere verletzen. Nur die Gedanken sind frei, Worte können es niemals sein. Einsame Menschen sprechen mit ihren Haustieren oder mit sich selber. Der Austausch von Sprache, d.h. die Aussendung differenzierter akustischer Signale und ihre Wirkung auf der Empfängerseite, bestimmen auch die Hierarchien und Machtstrukturen im gesellschaftlichen Zusammenleben der Menschen. Wenn jemand *das Sagen* hat, so bedeutet dies nicht, dass er zur sprachlichen Äußerung berechtigt ist, sondern dass seine Äußerungen für Andere verbindlich sind und befolgt werden müssen. Der Umstand, dass soziale Rangordnungen z.T. auf dem Hören aufgebaut sind, spiegelt sich auch in den Begriffen *gehörchen*, *gehören* und *Hörigkeit* wider. Der Austausch sprachlicher Information ermöglicht die Bündelung von Interessen und kann anderweitige Unterlegenheiten kompensieren. „Wenn die Kühe sprechen könnten, gäbe es keine Schlachthöfe“ (Bertolt Brecht).

Wenn viele Gehörlose immer wieder darauf hinweisen, dass die lautsprachliche Kommunikation durch die Gebärdensprache ersetzt werden kann, dann beweisen sie damit, wie leistungsfähig unser zentrales Nervensystem ist und wie flexibel es sich auf alternative Informationskanäle umstellen kann. Unserer Ansicht nach ist das

Funktionieren der gebärdensprachlichen Kommunikation aber kein Beweis dafür, dass die auditorische Sinneswahrnehmung entbehrlich oder ersetzbar ist.

Gehörlosigkeit muss man nicht hinnehmen

Das CI ist der erste funktionierende künstliche Ersatz für ein Sinnesorgan. Dass es noch keine Sehprothese gibt liegt nicht nur daran, dass es besonders große Schwierigkeiten macht, das Auge zu ersetzen – denn auch die technische Nachbildung der Hörfunktion ist äußerst kompliziert. Es liegt auch daran, dass die akustische Informationsübertragung für den Menschen die größere Bedeutung hat (das Radio gab es früher als das Fernsehen und das Telefon kam lange vor der Bildübertragung). Die Existenz einer riesigen Industrie für Audioelektronik zeigt, wieviel dem Menschen das Hören auch dort wert ist, wo die Übermittlung von Nachrichten nicht im Vordergrund steht.

Zur Begriffsbestimmung (aus <http://de.wikipedia.org/wiki/Cochleaimplantat>):

Der Name Cochleaimplantat bezeichnet im engsten Sinne ein Bündel aus **Elektroden**, das durch eine Operation in die **Hörschnecke** eingeführt wird. Im weiteren Sinne werden auch noch andere elektronische Komponenten, die in den Schädelknochen bzw. unter die Kopfhaut implantiert werden, als Teil des CI betrachtet. Im allgemeinen Sprachgebrauch rechnet man auch den Sprachprozessor und die Sendespule zum CI. Um der Verwechslung der drei Bedeutungen vorzubeugen, wird jedoch oft die Summe aller Teile als "CI-System" bezeichnet.

Der gelegentlich synonym verwendete Begriff **Cochlearimplantat** resultiert zum einen aus einer fehlerhaften Eindeutschung des englischen "cochlear implant", zum anderen aus der Anlehnung an den Markennamen eines Herstellers solcher Systeme. In der deutschen Morphologie gibt es keine Ableitung -ar, um aus dem Substantiv "Cochlea" ein Adjektiv "cochlear" und dann dieses zusammengesetzte Wort zu bilden.

Auch aus ästhetischen Gründen (Vermeidung des Vokal-Clusters „eai“) bevorzugen wir in dieser Informationsschrift die Schreibweise **Cochlea-Implantat**.

Die intensive Bearbeitung der Probleme, die bei der Fernübertragung von Sprache auftreten, hat nicht nur die technische Akustik gefördert, sondern auch die Erforschung des Gehörs befruchtet. Die Kenntnis der Eigenschaften von Sprachsignalen, die technische Beherrschung ihrer Verarbeitung sowie das Verständnis des Innenohres und seiner Funktionsweise haben vor etwa 25 Jahren einen Stand erreicht, der die Konstruktion von Hörprothesen möglich machte. Die ersten Erfolge des CIs waren überzeugend, für viele sogar überraschend, und sie stimulierten eine geradlinige Entwicklung, die bis heute noch nicht abgeschlossen ist. Sie ist aber so weit gereift, dass der Nutzen, den die mit einem CI versorgten Menschen aus ihrem Ge-

rät ziehen, in den meisten Fällen alles übertrifft, was mit alternativen Versorgungsungen erreicht werden kann.

Viele CI-Träger können an einer Unterhaltung in ruhiger Umgebung so problemlos teilnehmen, dass sie von unbefangenen Beobachtern nicht als Hörgeschädigte zu erkennen sind. Selbst mit der besonders schwierigen Verständigung über das Telefon kommen heute die meisten CI-Träger zurecht. Doch auch bei optimalem Versorgungserfolg stellt das Verstehen von Sprache im Störgeräusch – insbesondere wenn mehrere Personen gleichzeitig sprechen – ein bisher ungelöstes Problem dar, ähnlich wie es auch die Benutzer herkömmlicher Hörgeräte kennen.

Leider tritt nicht in allen Fällen ein optimaler Versorgungserfolg ein. Einige CI-Träger kommen trotz aller eigenen Bemühungen und auch bei intensiver technischer und therapeutischer Betreuung nicht so weit, dass sie Sprache verstehen können, ohne dem Sprecher von den Lippen abzulesen. Sie können Geräusche wahrnehmen und in begrenztem Maße voneinander unterscheiden, und sie werden durch das CI beim Lippenlesen unterstützt, weil sie die einfachen Elemente der Sprache (Lautstärke, Rhythmus) auch akustisch wahrnehmen. In aller Regel ist mit einem solchen begrenzten Erfolg bei solchen Personen zu rechnen, die sehr früh ertaubt sind und lange unversorgt waren. Von dieser Regel gibt es fast keine Ausnahme.

In wenigen Fällen von Gehörlosigkeit ist mit dem CI keine Hilfe möglich. Zu diesen Fällen gehören solche, bei denen der Aufbau der Hörschnecke in einer Weise verändert ist, die die Einbringung von Elektroden verhindert (Missbildungen, Verknöcherungen, Wucherungen von Bindegewebe). Die Untersuchungen vor der Operation geben hierüber relativ zuverlässige Auskunft. In anderen Fällen könnten zwar die Elektroden implantiert werden, ihre Aktivierung würde aber zu keinen Hörempfindungen führen, weil der Hörnerv nicht mehr funktionsfähig ist. Auch dies wird nach Möglichkeit vor der Operation geprüft. Wenn keiner der zwei Hörnerven erhalten ist, kann an einigen spezialisierten CI-Zentren ein Hirnstamm-Implantat (*auditory brainstem implant*, ABI) oder ein Mittelhirn-Implantat (*auditory midbrain implant*, AMI) eingesetzt werden, bei dem die elektrische Reizung nicht am Hörnerven, sondern in höheren Hörzentren des Stammhirns ansetzt.

Der Versuch, das Innenohr technisch nachzubilden

Das CI ist eine Prothese, deren Aufgabe darin besteht, die Funktion des Innenohres zu ersetzen. Weil das Innenohr sehr kompliziert ist, kann seine technische Nachbildung nicht vollkommen sein. Ihr Grundprinzip ist die Um-

gehung des defekten Sinnesorgans, indem der Hörnerv, der normalerweise seine Reize von den Haarsinneszellen des Innenohres erhält, direkt durch elektrische Ströme, die von einer implantierten Elektrode abgegeben werden, angesprochen wird.

Ein CI besteht aus vielen Komponenten. Zu ihnen gehören ein Mikrophon, eine Signalverarbeitungseinheit, eine Energieversorgung, eine Vorrichtung zur Signalübertragung und eine Stimulationseinheit zur Abgabe elektrischer Reize (Abb. 1). Zur Reizung (Stimulation) des Hörnerven dienen metallische Elektroden (Abb. 2). Die elektrische Verbindung zwischen ihnen und den Hörnervenfasern bildet die leitende Flüssigkeit des Innenohres, in der sich die Elektroden befinden. Der elektrische Strom eines Pulses fließt von der Reizelektrode durch diese Flüssigkeit, die Nervenfasern und das dazwischen liegende Gewebe zu einer Referenzelektrode, die sich entweder ebenfalls im Innenohr oder außerhalb der Schnecke im Muskelgewebe befindet (Abb. 3).

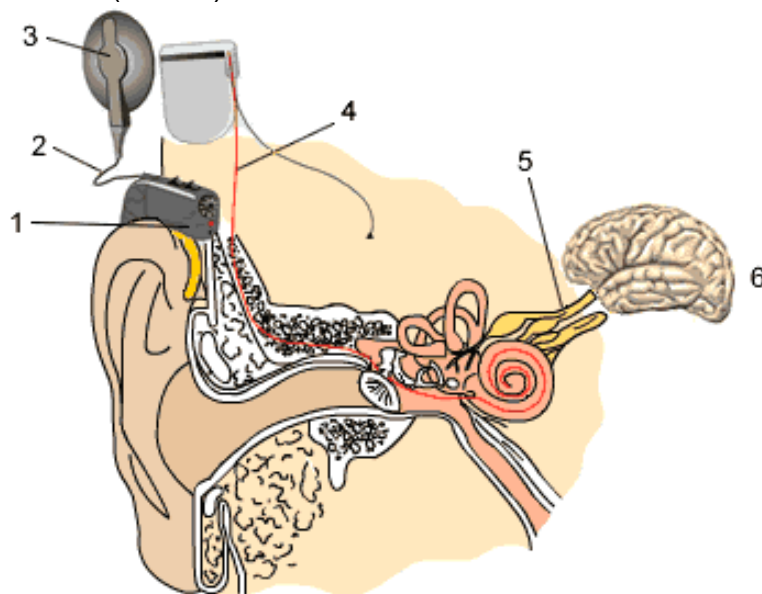


Abb. 1:
Komponenten eines CI-Systems (MED-EL): implantiert sind die verkapselte Empfänger- und Dekodierschaltung und die Elektroden (4). Hinter dem Ohr trägt der Patient den Mikroprozessor für die Sprachverarbeitung (1) und die Sendespule (3).

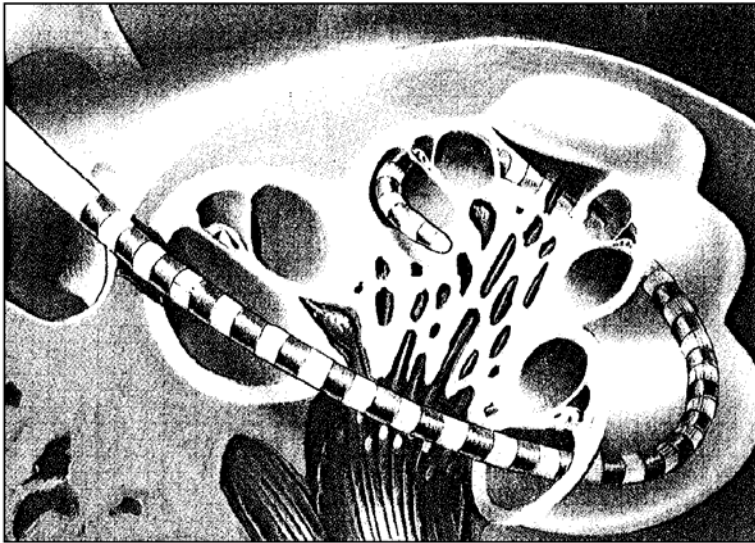


Abb. 2:
Lage der implantierten Elektroden in der Hörschnecke.

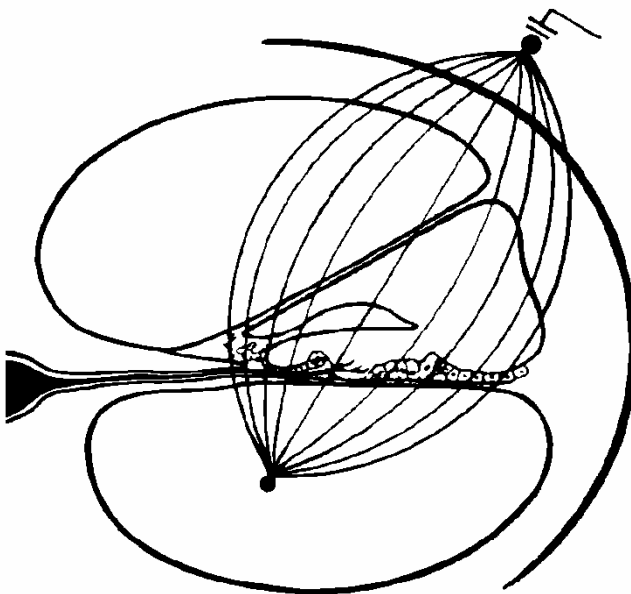


Abb. 3:
Verlauf der elektrischen Feldlinien zwischen einer Elektrode innerhalb der Hörschnecke und einer externen Referenzelektrode (schematisch). Die elektrischen Feldlinien durchqueren die flüssigkeitsgefüllten Hohlräume sowie die Rudimente des Corti-Organs und die Endungen der Hörnervenfaser (nach *W.F. House*, 1975).

Jeder Strompuls genügender Stärke löst die Entstehung nerveneigener elektrischer Spannungspulse (Aktionspotentiale) aus, die sich, genauso wie beim natürlichen Hörvorgang, entlang der Nervenfasern aufwärts zum zentralen Nervensystem fortbewegen. Die erforderlichen Stromstärken betragen einige μA (Millionstel Ampère), die Dauer der Strompulse wenige μs (Millionstel Sekunden).

Die mit den Nervenfasern verbundenen Regionen des Gehirns (auditorische Zentren) verarbeiten die Aktionspotentiale und deuten sie als Höreindruck. Einen Bezug zur akustischen Umwelt des CI-Trägers erhält diese Empfindung erst dann, wenn die Reizpulse in ihrer Abfolge und Gesamtheit eine aus dem Schallfeld entnommene Information enthalten. Dies zu gewährleisten ist die Aufgabe der anderen Kompo-

zenten des CI-Systems (Mikrofon und Signalprozessor), die sich außerhalb des Körpers befinden.

Das vom Mikrofon aufgenommene Schallsignal wird einem Verstärker zugeführt. Dieser vergrößert nicht nur die Signalamplitude, er bewirkt darüber hinaus auch eine Regelung und Filterung, so dass der für Sprache wichtige Frequenz- und Intensitätsbereich hervorgehoben wird. Die Empfindlichkeit dieses Verstärkers und seine Charakteristik (automatische Verstärkungsregelung) können durch Bedienungselemente so verändert werden, dass das Hören und Verstehen von Sprache im Störgeräusch erleichtert wird.

Das Mikrofon befindet sich gemeinsam mit der Signalverarbeitungseinheit in einem kleinen Gehäuse, das ähnlich wie ein Hörgerät aussieht und wie dieses hinter der Ohrmuschel getragen wird. Die Aufgabe dieses Sprachprozessors besteht darin, das Schallsignal für die elektrische Reizung des Hörnerven aufzubereiten. Hierfür müssen die für das Sprachverstehen wichtigsten Signalbestandteile hervorgehoben und in eine Folge elektrischer Reizpulse umgesetzt werden. Diese Umsetzung geschieht mit einem kleinen Computer (Signalprozessor), der nach einem vom Hersteller festgelegten und vom Audiologen angepassten Programm arbeitet. Die Einzelheiten der Signalverarbeitung werden im nächsten Abschnitt genauer beschrieben.

Der Energiebedarf des CI-Systems wird von Batterien oder Akkus gedeckt, die sich im Sprachprozessor befinden. Bei keinem CI-System beinhalten die *implantierten* Teile eine Batterie. Dies erhöht die Sicherheit für den CI-Träger und es vermeidet Revisionseingriffe. Die Energie, die für den Betrieb der implantierten Elektronik und für die elektrischen Reizpulse benötigt wird, wird den Hochfrequenzpulsen entnommen, die von der Sendespule abgestrahlt und durch die Haut an das Implantat übertragen werden.

Zwischen den externen und den internen Bestandteilen des CI-Systems besteht keine elektrisch leitende Verbindung^{*}. Die Befehle, die der Sprachprozessor dem Implantat erteilt, werden mit Hilfe von Hochfrequenzpulsen übertragen. Nach dem gleichen Prinzip wie beim Rundfunk werden von einer Sendespule elektromagnetische Signale abgestrahlt und von der implantierten Empfängerspule empfangen. Zwei Magnete (im Implantat und an der Spule) sorgen dafür, dass die zwei Spulen sich trotz der zwischen ihnen befindlichen Hautschicht nicht gegeneinander verschieben. In der Dauer der Hochfrequenzpulse und ihrer Aufeinanderfolge ist die Information

^{*} Nur in der Anfangszeit der CI-Entwicklung gab es Systeme mit einer durch die Haut geführten (perkutanen) Steckerverbindung

enthalten, die das Implantat zur Auslösung der elektrischen Reizpulse braucht. Ähnlich wie beim Morse-Alphabet im früheren Funkverkehr erfolgt die Informationsübertragung nach fest vorgegebenen Regeln. Lässt sich eine vom Implantat empfangene Anweisung nicht nach diesen Regeln entschlüsseln, so kommt sie nicht zur Ausführung. Auf diese Weise wird vermieden, dass durch vagabundierende elektromagnetische Signale eine unbeabsichtigte Elektrostimulation ausgelöst wird.

Die implantierte Empfänger- und Stimulationseinheit entschlüsselt die von der Sendespule ausgesandte Folge von Hochfrequenzpulsen und füllt mit der in ihr enthaltenen Energie die Energieversorgungsreserven auf. Eine Pulssequenz enthält die vollständige Information für einen einzelnen elektrischen Hörnervenreiz: Nummer der Elektrode, Angabe der dazugehörigen Referenzelektrode, Dauer des Pulses, Dauer der Pause zwischen beiden Pulsphasen und Amplitude der positiven und negativen Phase. Typische Zahlenwerte sind Pulsdauern von 25 μs (Mikrosekunden) und Ströme im Bereich von 1 bis 250 μA (Mikroampère); der zeitliche Abstand zwischen zwei Reizpulsen liegt bei etwa einer Millisekunde oder darunter, so dass von jeder Elektrode mindestens etwa 1000 Reize pro Sekunde abgegeben werden.

Für die Stimulation der Hörnervenfasern wird für die Dauer eines Reizpulses zwischen zwei Elektroden eine Spannung angelegt, so dass ein elektrisches Feld entsteht. Die Verteilung dieses Feldes ist von der geometrischen Anordnung der an der Stimulation beteiligten Elektroden und den zwischen ihnen liegenden Flüssigkeiten und Gewebearten abhängig. Innerhalb bestimmter Grenzen kann sie vom Sprachprozessor durch die Wahl geeigneter Stimulationsparameter beeinflusst werden. Entlang der elektrischen Feldlinien fließt ein elektrischer Strom, der von den immer vorhandenen elektrisch geladenen Teilchen (Ionen) getragen wird. Befinden sich Nervenfasern in dem von den Feldlinien durchquerten Gebiet, und überschreitet der elektrische Strom den notwendigen Schwellenwert, so werden die Fasern zur Erzeugung ihrer natürlichen elektrischen Signale (Aktionspotentiale) veranlasst. Diese breiten sich, da sie sich von gewöhnlichen Aktionspotentialen nicht unterscheiden, entlang der Nervenbahnen des Hörsystems in derselben Weise aus, wie es beim natürlichen Hörvorgang geschieht. Dadurch erreichen sie die für das Hören zuständigen Bereiche der Großhirnrinde und erzeugen eine subjektive Hörempfindung.

Die einzelnen Reizpulse sind so gestaltet, dass sie keinen elektrischen Ladungsüberschuss erzeugen, da unmittelbar auf jeden positiven Reizpuls ein negativer Puls derselben Ladung folgt. Die Stärke des Reizstromes wird durch die Programmierung des Sprachprozessors, die Kapazität der Stromquellen und durch zusätzliche Sicherheitsvorkehrungen so begrenzt, dass schädliche oder gar gefährliche Auswir-

kungen ausgeschlossen sind. Es werden nie mehrere Elektroden gleichzeitig aktiviert, so dass keine Überlappungen mehrerer elektrischer Felder auftreten.

Einige moderne CI-Systeme verfügen über die Möglichkeit zur selbständigen Messung von Strom und Spannung zwischen den Elektroden. Die Messergebnisse werden an die externe Sendespule zurückübertragen (Telemetrie). Dadurch ist es möglich, die Funktion des Implantats zu kontrollieren, ohne es herausnehmen zu müssen. Darüber hinaus können mit Hilfe der Telemetrie elektrische Reaktionen des Hörnerven erfasst werden (NRT = *Neural Response Telemetry*, ART = *Auditory Nerve Response Telemetry*, oder NRI = *Neural Response Imaging*). Aus diesen Messungen lässt sich ablesen, ob neuronale Aktionspotentiale entstanden sind und dies wiederum erlaubt objektive Rückschlüsse auf das Zustandekommen von subjektiven Hörempfindungen. Diese Option ist vor allem bei der Versorgung von Kindern von Bedeutung, da hier die Verwertung subjektiver Äußerungen häufig problematisch ist.

Sprache zerlegen und verschlüsseln

Um einen CI-Träger in die Lage zu versetzen, in der Abfolge von elektrischen Hörnervenzustößen ein Wort oder einen Satz zu erkennen, muss das Schallsignal (oder zumindest seine für das Verstehen von Sprache wesentlichen Bestandteile) in geeigneter Weise verschlüsselt werden. Dies ist die Aufgabe des Sprachprozessors. Die Entschlüsselung der Pulsfolge ist Aufgabe des CI-Trägers. Aufgabe der Ingenieure, die den Sprachprozessor entwickeln und seine Arbeitsweise (Sprachcodierungsstrategie) festlegen ist es, dem CI-Träger die Entschlüsselung (Decodierung) so einfach wie möglich machen. Und schließlich hat ein Audiologe (meistens ein speziell ausgebildeter Physiker oder Ingenieur) an der Klinik die Aufgabe, die Technik durch individuelle Anpassung in den Dienst des CI-Trägers zu stellen.

Alle Sprachcodierungsstrategien dienen dem Ziel, in der räumlichen und zeitlichen Verteilung der elektrischen Reize im Innenohr ein Abbild der im Schallsignal enthaltenen Frequenzen herzustellen. Zeit- und Frequenzauflösung müssen hierbei sehr groß sein, da die Sprache sonst nicht verstanden werden kann. Aber auch mit sehr vielen Elektroden und mit schneller Pulsfolge ist die Sprachinformation nicht komplett übertragbar. Daher muss unter Betonung der für Sprache wichtigen Merkmale eine Auswahl getroffen werden. Einige der heute verwendeten Codierungsstrategien betonen eher die Frequenztreue (z.B. die SPEAK-Strategie), andere eher eine unverfälschte Wiedergabe der Zeitstruktur (z.B. die CIS-Strategie), und wieder andere be-

tonen wahlweise eher das Frequenzspektrum oder den Zeitverlauf (z.B. die ACE-Strategie).

Bei allen Codierungsstrategien wird einer jeden Elektrode ein fester Frequenzbereich des Schallsignals zugeordnet. Der Sprachprozessor zerlegt das Signal in Zahlenwerte, die dem momentanen Mischungsverhältnis der einzelnen Frequenzen entsprechen. Aus diesem Mischungsverhältnis ermittelt er die Reizstärken für die einzelnen Elektroden. Die durch die Haut an das Implantat übertragenen Befehle enthalten dann alle Angaben, die für die Erzeugung und Abgabe der berechneten Reizpulse benötigt werden. Wenn der Hörnerv in der Lage ist, die einzelnen Elektroden voneinander in ähnlicher Weise zu unterscheiden wie das normale Gehör Töne unterscheidet, und wenn er unterschiedliche Reizstärken als Lautstärkeunterschiede versteht, dann ergibt die Summe aller nacheinander erzeugten Pulse ein Abbild von hoch und tief sowie von laut und leise. Dieses Abbild ist aber gerastert, ähnlich wie ein Zeitungsbild grober gekörnt ist als eine gute Fotografie (Abb. 4). Es kann auch niemals vollständig sein, weil zu jedem Zeitpunkt auch dann nur eine Elektrode aktiviert wird, wenn das Schallsignal sehr viele Frequenzen gleichzeitig enthält.



Abb. 4:
Beim Hören mit einem Cochlea-Implantat muss das Sprachsignal aus relativ wenigen Einzelteilen zusammengesetzt werden. Ähnlich wie bei einem grob gerasterten Bild kann das zentrale Nervensystem hieraus aber unter der Voraussetzung, dass ein Minimum an Hörerfahrung vorliegt, viele Details rekonstruieren. Wenn man zur Veranschaulichung dieses Sachverhalts das gezeigte Bild aus großer Entfernung betrachtet stellt man fest, dass die grobkörnige Struktur verloren geht, so dass der an der *Missa Solemnis* arbeitende taube Ludwig van Beethoven erkennbar wird. Auf die Situation des CI-Trägers übertragen bedeutet dies, dass auch ein ungenaues Hören die Wiedererkennung vertrauter Muster ermöglicht.

Sowie der gesamte Frequenzbereich durch Ansprechen aller beteiligten Elektroden abgearbeitet wurde, wird ein neuer Zyklus begonnen. Ähnlich wie bei einem Film durch die schnelle Folge vieler einzelner Bilder die Illusion einer kontinuierlichen Bewegung entsteht, so wird hier das Schallsignal aus vielen Stimulationszyklen rekonstruiert. Der Zeitbedarf für den Aufbau einer „Momentaufnahme“ hängt von der

Gesamtpulsrate ab. Auch bei den schnellsten Systemen reicht diese Pulsrate nicht aus, das gesamte Schallsignal lückenlos zu übertragen. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Codierungsstrategien bestehen darin, dass hinsichtlich der möglichst unverfälschten Wiedergabe von Frequenzspektrum und Zeitverlauf etwas andere Prioritäten gesetzt werden.

Aus den vielen genannten Gründen gibt es keine Möglichkeit, das Schallsignal mit technischen Mitteln ohne Informationsverlust in eine zeitliche Folge elektrischer Reizpulse umzuwandeln. Daher ist auch bei optimaler Technik und Anpassung der Patient gefordert, das verbleibende Informationsdefizit mit erhöhter Konzentration und geistiger Arbeit auszugleichen (zentrale Ergänzungsleistung). Dies macht sich vor allem unter akustisch schwierigen Bedingungen bemerkbar. Zu diesen zählen in erster Linie das Telefonieren und das Verstehen von Sprache im Störgeräusch oder im Stimmengewirr. Die Leistungen, die die Patienten hierbei erzielen, sind zum großen Teil ihr eigenes Verdienst und nicht das der Technik.

Wem kann mit einem CI geholfen werden?

Nicht jeder Mensch, der über ein ungenügendes oder gar kein Hörvermögen verfügt, kommt für die Versorgung mit einem CI in Frage. In jedem einzelnen Fall müssen die Voraussetzungen genau geprüft werden. Die CI-Zentren sprechen bei den Eignungsuntersuchungen von *Anamnese*, *Audiologie*, *Anatomie*, *Radiologie*, *Physiologie*, *Phoniatrie*, *Logopädie* und *Psychologie*. Weil nicht alle für ein CI in Frage kommenden Menschen täglich mit diesen Begriffen umgehen, sollen sie im Folgenden etwas erläutert werden.

Einer der wichtigsten Gesichtspunkte bei der Auswahl von CI-Patienten und dem Versuch, eine vorsichtige Erfolgsprognose zu wagen, ist die Krankheitsgeschichte (Anamnese). Zu ihr gehören in erster Linie der Zeitpunkt, die Ursache und der Verlauf der Ertaubung sowie die Dauer der Gehörlosigkeit. Die Aussichten, mit dem CI gut hören und Sprache verstehen zu können, sind um so besser, je später der Verlust des Hörvermögens eingetreten ist und je weniger dieser Zeitpunkt zurückliegt. Es ist heute wissenschaftlich erwiesen, dass durch das Fehlen akustischer Reize (Deprivation) nicht nur das Hören verlernt wird, sondern dass im Hörsystem auch organische Veränderungen eintreten, die bei der späteren Rehabilitation erst wieder rückgängig gemacht werden müssen. Daher ist immer eine möglichst baldige Versorgung anzustreben.

Mit Hilfe zahlreicher Hörprüfungen (Audiologie) wird das Ausmaß der Hörstörung untersucht und in Zahlen und Diagramme gefasst. Der einfachste und am häufigsten durchgeführte Hörtest ist die Bestimmung der Hörschwelle. Hierfür gibt es verschiedene Verfahren, darunter solche, die keine Mitarbeit des Patienten erforderlich machen (*otoakustische Emissionen* und *elektrische Reaktions-Audiometrie*). Die Kenntnis der Hörschwelle ist aber für die Erkennung geeigneter Patienten nicht ausreichend, denn zwei Patienten mit gleicher Schwellenkurve können ganz unterschiedliche Fähigkeiten im Sprachverstehen aufweisen. Um dies zu prüfen muss in jedem Fall eine Versorgung mit normalen (schallverstärkenden) Hörgeräten versucht werden. Erst wenn hiermit kein Erfolg erzielt wird, kann die Aussage gemacht werden, dass „keine mit herkömmlichen Hörgeräten für eine sprachliche Kommunikation nutzbaren Hörreste“ vorliegen. Dies erst rechtfertigt eine CI-Versorgung, doch lässt sich daraus kein Maß für den zu erwartenden Versorgungserfolg ableiten.

Grundsätzlich ist ein erhaltenes und bis zuletzt möglichst gut genutztes Restgehör ein Vorteil für den späteren Erfolg mit dem CI. Allerdings ist natürlich die Gefahr, dass der Patient vom Hören mit dem CI enttäuscht wird umso größer, je frischer die Erinnerungen an das natürliche Hören sind. Dies muss zwar berücksichtigt und in die Entscheidung einbezogen werden, es sollte aber nicht zum Aufschub der Versorgung Anlass geben, da dies in jedem Fall mit mehr Nachteilen als Vorteilen verbunden ist. Nur in solchen Fällen, in denen das zu versorgende Ohr noch immer wesentlich zum Sprachverstehen beiträgt, ist ein Abwarten gerechtfertigt.

Der Zeitpunkt der Ertaubung sowie das Ausmaß und die Dauer der Taubheit sind also die entscheidenden anamnestischen Faktoren. Hinzu kommt die Ursache für den Verlust des Gehörs. Sie kann nicht immer zweifelsfrei gefunden werden; vor allem bei angeborenen Hörstörungen lässt sich der Grund für die Gehörlosigkeit nachträglich nicht immer eindeutig feststellen. Nach der Geburt kann das Hörvermögen durch Erkrankungen, Unfälle, Lärmeinwirkung, gehörschädigende Nebenwirkung von Medikamenten oder ohne erkennbare Ursache (Hörsturz) verloren gehen. Die Aufklärung der Ursache ist für den Hals-Nasen-Ohrenarzt wichtig. Für die Frage nach der Eignung für ein CI kommt aber der Anatomie von Innenohr, Mittelohr und Mastoid sowie der Funktionsfähigkeit des Hörnerven die größere Bedeutung zu.

Anatomische Veränderungen, d.h. Abweichungen vom normalen Aufbau können mit Röntgenaufnahmen sowie dem Computertomogramm (CT) und dem Kernspintomogramm (MRT) festgestellt werden. Entscheidend sind zwei Befunde: Der Schädelknochen hinter der Ohrmuschel (Warzenfortsatz oder Mastoid) muss luftgefüllte Hohlräume aufweisen (Pneumatisation) und die Hohlräume der Hörschnecke müs-

sen normal angelegt und flüssigkeitsgefüllt sein. Wenn dies der Fall ist, steht dem Einsetzen des Implantats und der Einführung der Elektroden buchstäblich nichts im Wege.

Da es aber nicht ausreicht, wenn für die Elektroden Platz vorhanden ist, sondern zusätzlich ihre Wirksamkeit sichergestellt sein muss, wird die Funktionsfähigkeit des Hörnerven in einer weiteren Untersuchung geprüft. Hierfür wird eine Kugelelektrode in den Gehörgang gelegt oder eine Nadelelektrode durch das Trommelfell gestochen. Schwache elektrische Ströme, die über diese Elektroden in das Körpergewebe fließen, führen, soweit sie den Hörnerven erreichen, zu Hörempfindungen. Anhand der Aussagen des Patienten wird festgestellt, welche Stromstärke mindestens notwendig ist und welcher Art (Brummen, Rauschen, Pfeifen o.a.) die Empfindungen sind. Es gibt auch Verfahren, mit denen das Zustandekommen von Hörempfindungen objektiv, d.h. ohne die Mitwirkung des Patienten, durch die Messung von Hörnerven- und Gehirnaktivität nachgewiesen werden kann, doch arbeiten diese Verfahren noch nicht in allen Fällen zuverlässig.

Auch wenn mit Hilfe der beschriebenen Untersuchungen über die Unwirksamkeit von schallverstärkenden Maßnahmen und über die prinzipielle Möglichkeit einer elektrischen Hörnervenstimulation Gewissheit gewonnen wurde, sind noch nicht alle Voraussetzungen für die CI-Versorgung erfüllt. Denn wenn eine Hilfsmaßnahme *möglich* ist, steht noch nicht fest, ob sie auch *wirksam* sein wird. Ohne Zweifel ist die Prüfung der Möglichkeit sehr viel einfacher als die Vorhersage der Wirksamkeit. Denn der Erfolg der Hilfsmaßnahme wird durch viele Faktoren beeinflusst, die sich nicht einfach messen und in Zahlen, Diagrammen oder Bildern wiedergeben lassen.

Das Ziel der CI-Versorgung besteht letztendlich in der Verbesserung der Kommunikationsfähigkeit. Zur sprachlichen Kommunikation gehört aber nicht nur das Hören, sondern auch das Sprechen. Daher gehört zu den präoperativen Eignungsuntersuchungen auch die Beurteilung durch Sprachtherapeuten (Logopäden). Bei der logopädischen Untersuchung wird in einem Beratungsgespräch mit dem Patienten und den Angehörigen besonders über deren Motivation und die Erwartungen an das CI gesprochen. Ebenso wird die Art der bestehenden Kommunikationsmöglichkeiten (Einsatz von Gebärden, Lippenlesen) sowie der stimmlichen und sprachlichen Fähigkeiten überprüft.

In der psychologischen Untersuchung, die sich mit Fragen der Persönlichkeit und der Begabung in verschiedenen Bereichen befasst, werden außerdem die je spezifischen Muster des Umgangs mit schwierigen Lebenslagen, die Leistungs- und Lern-

fähigkeit im Bereich von Wahrnehmung und Sprache sowie die Einbindung in das soziale Umfeld erkundet. Als günstig für einen späteren Erfolg der CI-Versorgung betrachtet der Psychologe neben einer durchschnittlichen kognitiven Grundlage die Fähigkeit, auch in schwierigen Situationen nicht so schnell zu resignieren, die Bereitschaft, am postoperativen Training flexibel mitzuarbeiten und die Möglichkeit, Unterstützung im Kreis von Angehörigen oder Freunden zu finden. Die kognitive Leistungsfähigkeit und die Fähigkeit, Neues aufzunehmen, zu speichern und wiederzugeben, werden in speziellen Testverfahren untersucht und fließen in die Prognose vor der Operation mit ein.

Die Operation und die Tage danach

Ohne Zweifel ist die Operation für den gehörlosen Patienten und späteren CI-Träger genauso wie für seine Angehörigen das zentrale Ereignis im gesamten Verlauf der Versorgung. Der Eingriff wird stationär und in Vollnarkose durchgeführt. Daher muss zuvor die Narkosefähigkeit geprüft werden. Hierfür sind einige Standarduntersuchungen (Herzfunktion, Blutwerte etc.) erforderlich, die z.T. beim Hausarzt und z.T. in der Klinik durchgeführt werden. Wenn die Untersuchungsergebnisse grünes Licht geben, wird der Patient am Vortag der Operation stationär in die Klinik aufgenommen. Auch hier finden noch einige Untersuchungen statt. Als letzte Vorbereitung zur Operation muss ein Teil der Kopfoberfläche rasiert werden.

Dem Umfang und dem Risiko nach ist das Einsetzen eines Cochlea-Implantats kein besonders großer Eingriff. Er nimmt zwischen zwei und vier Stunden in Anspruch und stellt für den Patienten keine größere Belastung dar als viele andere Ohroperationen. Der Operateur führt am narkotisierten Patienten zunächst hinter dem Ohr einen Hautschnitt aus, so dass der Schädelknochen freigelegt werden kann. In den Knochen wird eine Vertiefung eingearbeitet, deren Form und Größe exakt dem Implantat entspricht. Von diesem Knochenbett aus wird ein Kanal und eine Bohrung von hinten in den Mittelohrraum geführt. Auf diese Weise entsteht eine Verbindung, durch die der Elektrodenträger geführt werden kann.

Um die Elektroden in die Hörschnecke (Cochlea) zu bringen, muss diese durch eine kleine Bohrung eröffnet werden. Damit sind alle Vorbereitungen abgeschlossen. Das Implantat kann nun in das Knochenbett eingesetzt und befestigt und die Elektroden in die Cochlea eingeführt werden. In den meisten Fällen gelingt dies problemlos, d.h. alle Elektroden verschwinden im Innenohr. Wegen der sehr empfindlichen Membranen des Innenohres muss hierbei sehr behutsam vorgegangen werden. Sowie auch

nur leichter Widerstand spürbar wird, besteht die Gefahr, dass die Innenohrstrukturen zerstört werden. In diesem Fall ist eine weitere Einführung der Elektroden nicht möglich. Wenn diese Situation vorhersehbar ist, kann ein Implantat mit verkürzten Elektrodenabständen verwendet werden.

Viele Menschen haben gegenüber Operationen am Kopf ein allgemeines und unbestimmtes Unbehagen. Dies ist verständlich, aber im Falle der Implantation einer Hörprothese nicht begründet. Zu bedenken ist, dass keine Eröffnung des Gehirnräumens notwendig ist. Das Auftreten von Komplikationen kann zwar – wie bei allen Operationen – nicht völlig ausgeschlossen werden, im Vergleich zu anderen Ohroperationen liegt aber in keiner Hinsicht ein erhöhtes Risiko vor.

Der Patient wird vor der Operation über das Vorgehen und alle Operationsrisiken aufgeklärt – auch darüber, dass der Operateur Verhältnisse vorfinden könnte, die präoperativ nicht sicher diagnostizierbar sind (z.B. das Auftreten von Bindegewebe in der Hörschnecke). Unter solchen Umständen kann es vorkommen, dass auf ein anderes als das ursprünglich vorgesehene Implantat ausgewichen werden muss. Da das Einverständnis des Patienten hierfür nicht in Narkose eingeholt werden kann, muss er es vorher schriftlich erteilen. In jedem Fall wird das Implantat verwendet, welches unter den individuellen Bedingungen die besten Ergebnisse verspricht.

Wenn Implantat und Elektrodenträger an ihrem Platz sind, werden sie mit Fäden, Gewebe und Kleber befestigt. Der Hautlappen wird wieder zurückgelegt und zugenäht. Das Operationsgebiet wird mit einem Verband verschlossen und der Patient kommt in den Aufwachraum.

Wenn der frisch operierte CI-Träger aus der Narkose erwacht, kann er noch ebenso wenig hören wie vor der Operation. Das Implantat wird erst durch den Sprachprozessor aktiviert, und dieser wird erst einige Zeit nach der Entfernung des Verbandes angepasst. An den ersten Tagen nach der Operation muss der Patient noch weitgehend Bettruhe einhalten. Er kann zwar prinzipiell aufstehen und gehen, doch kann er hierbei von vorübergehenden Schwindelgefühlen beeinträchtigt werden. Diese sind darauf zurückzuführen, dass das Gleichgewichtsorgan durch den Eingriff etwas irritiert ist. In den meisten Fällen lässt der Schwindel innerhalb der ersten Tage nach, so dass er später kein Problem mehr darstellt.

In seltenen Fällen ist allerdings auch länger anhaltender Schwindel aufgetreten. Dies lässt sich genauso wenig ausschließen wie andere Risiken und Nebenwirkungen, zu denen mit geringer Wahrscheinlichkeit auch die Verletzung von Nerven (Gesichtsnerv, Geruchs- und Geschmacksnerven) gehören. Von diesen Restrisiken ab-

gesehen erwachsen dem Patienten durch die Operation keinerlei Nachteile: Das Implantat ist von außen nicht zu sehen und kaum zu fühlen, die Haare wachsen wieder nach und verdecken die Operationsnarbe, und es gibt nahezu keine Einschränkungen für Berufsausübung und Freizeitbeschäftigung.

Die technische Betreuung

Nach Heilung der Operationswunde und Entfernung der Fäden, d.h. nach einer Zeit von 3 bis 6 Wochen, wird im Audiologischen Labor der Klinik die Erstanpassung des Sprachprozessors vorgenommen. Die Anpassung des Sprachprozessors beinhaltet alle Maßnahmen, die für die Nutzung des CI erforderlich sind. Das CI führt ohne die Befehle, die es über seine Empfängerspule von der Sendespule des Prozessors erhält, keine Reizung durch. Wenn es aber Befehle empfängt, dann tut es genau das, was diese Befehle vorschreiben. Es ist die Aufgabe des Audiologen, durch die richtige Anpassung dafür zu sorgen, dass diese Befehle weder etwas Nutzloses noch etwas Schädliches bewirken.

Die langwierigste Prozedur der Anpassung besteht darin, die Arbeitsbereiche der Elektroden so festzulegen, dass alle Reize hörbar sind und keine zu starke Stimulation auftreten kann. Für jede der implantierten Elektroden muss eine untere und eine obere Grenze der Reizstärke gefunden und im Prozessor gespeichert werden (Abb. 5). Dies ist ohne eine intensive Mitarbeit des CI-Trägers nicht möglich. Er muss mit großer Aufmerksamkeit darauf achten, wann der zunächst unhörbar schwache Reiz die Schwelle zum Hören überschreitet. Diese Schwelle legt die unterste jemals verwendete Reizstärke fest. Liegt sie zu hoch, dann werden auch sehr schwache akustische Signale gleich deutlich wahrgenommen, sie unterscheiden sich dann aber nicht genügend deutlich von stärkeren Signalen und der Patient kann auch in Ruhe einem leisen Dauergeräusch ausgesetzt sein. Werden hingegen die Schwellen (die auch als T-level oder THR bezeichnet werden, weil *Schwelle* im Englischen *threshold* heißt) zu niedrig eingestellt, so wird dem CI-Träger die in sehr schwachen akustischen Signalen enthaltene Information unterschlagen und er weist eine zu hohe akustische Reizschwelle auf.

Die Feststellung des obersten zulässigen Wertes für die Reizstärke erfordert zwar nicht soviel Konzentration wie die Auffindung der Reizschwelle, sie ist aber dennoch schwierig, weil ihre Definition problematisch ist. Es geht hier nicht darum, die Unbehaglichkeitsschwelle oder gar die Schmerzgrenze einzustellen, sondern es soll (wiederum für jede Elektrode getrennt) die maximale Reizstärke, die ohne Probleme für längere Zeit gut ertragen werden kann, aufgefunden werden. Daher wird diese O-

bergrenze von den Audiologen oft auch als C-level (für *comfortable* = angenehm) oder MCL (*most comfortable level*) bezeichnet. Wird der C-level zu hoch eingestellt, so muss der Patient später die Empfindlichkeit oder Lautstärke reduzieren, um keine unangenehmen Stimulationen zu erhalten; liegt er zu niedrig, so wird – ähnlich wie bei einem zu hoch eingestellten T-level – der verfügbare Dynamikbereich nicht ausgeschöpft und Lautstärkeunterschiede werden dadurch undeutlicher dargestellt.

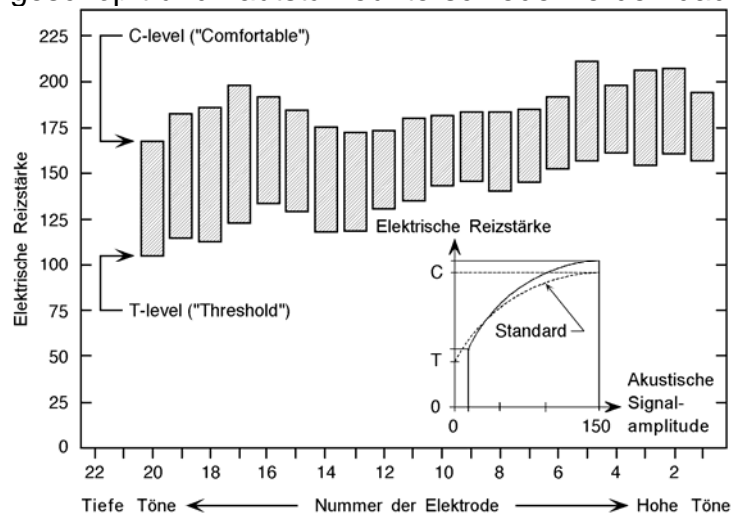


Abb. 5: Wahrnehmungs- und Unbehaglichkeitsschwellen für 20 Elektroden eines Cochlea-Implantats (Mini System 22, Cochlear AG). Die vom Patienten angegebenen Grenzen des Dynamikbereiches gehen in die Definition der Signaltransformation ein, die den akustischen Schalldruck mit der elektrischen Reizstärke verknüpft.

Neben der erwähnten konzentrierten Mitarbeit wird vom CI-Träger auch ein möglichst tiefgehendes Verständnis des Anpassvorganges erwartet. Die vom Audiologen festgehaltenen Werte können trotz allen Einfühlungsvermögens nicht besser sein als die Angaben seines Patienten. Es ist häufig zu beobachten, dass vorsichtige CI-Träger zu hohe T-level und zu niedrige C-level wünschen, weil sie von sehr leisen Reizen glauben, dass sie ihnen wenig nützen und weil sie grenzwertig laute Reize bei einer Konversation nicht wünschen. Die Folge dieser Vorsicht ist, dass alle akustischen Reize unabhängig von ihrer Intensität beim CI-Träger etwa die gleiche Lautheitsempfindung hervorrufen. Das ist nicht nur wenig sinnvoll (das Rascheln der Blätter im Wald könnte dann ähnlich laut erscheinen wie ein Presslufthammer), sondern es beeinträchtigt auch das Sprachverstehen, welches ganz wesentlich von der Wahrnehmung der Unterschiede zwischen leisen Konsonanten und lauten Vokalen abhängt.

Wenn die Genauigkeit der subjektiven Äußerungen des Patienten für eine exakte Anpassung nicht ausreicht, ist eine Objektivierung der Höreindrücke notwendig. Diese Situation tritt bei Erwachsenen selten, bei Kindern hingegen regelmäßig ein. Glücklicherweise verfügt die heutige Audiometrie über zwei Verfahren, mit denen das Zustandekommen von Höreindrücken auch ohne die Mitarbeit des Patienten überprüft werden kann. Diese Verfahren machen sich reflexartige Kontraktionen der Mittelohrmuskeln und elektrische Vorgänge in Hörnerv und Gehirn zunutze. Die Mit-

telohrreflexe treten bei CI-Trägern wie bei Normalhörenden immer dann auf, wenn ein intensiver Höreindruck entsteht (also normalerweise bei lauter Beschallung). Sie können während der elektrischen Reizung eines Ohres mit einer im (gegenseitigen) Gehörgang befindlichen Messsonde registriert werden. Die *elektrischen Reaktionen des Hörsystems* treten bereits bei sehr schwachen Höreindrücken auf und sind somit für die Bestimmung der Hörschwelle geeignet. Mit Hilfe beider Messungen können somit im Prinzip T- und C-level aufgefunden und eingestellt werden.

Die ersten Höreindrücke nach der Erstanpassung sind für die meisten CI-Träger überraschend, in vielen Fällen auch etwas enttäuschend. Der Klang von Geräuschen und Stimmen, insbesondere der Klang der eigenen Stimme, wird zunächst als unnatürlich und fremd empfunden. Die Verarbeitung der ersten Begegnung mit dem CI-Hören ist natürlich von den Erwartungen und Erfahrungen des frisch versorgten Hörgeschädigten abhängig. Wenn genügend Erinnerungen an das Hören vorliegen, so erscheint den Betroffenen das neue Klangbild wie eine fremde Sprache oder wie ein vertrautes Bild, das in falschen Farben dargestellt ist. Völlig neuartig ist das Hören mit CI für den Geburtstauen, der über keine Vergleichsmöglichkeiten verfügt.

Neben den beschriebenen T- und C-Werten gehen noch weitere Parameter in das Signalverarbeitungsprogramm des Sprachprozessors ein: Monopolarer oder bipolarer Stimulationsmodus, Pulsbreite und Pulsrate, Frequenzbereiche der einzelnen Kanäle, Form der Lautstärkewachstumsfunktion, Eingangsempfindlichkeit, Ausgangspegel und Störgeräuschunterdrückung. Bei vielen modernen Systemen besteht zusätzlich die Möglichkeit, zwischen verschiedenen Sprachverarbeitungsstrategien zu wählen. Weil die Zahl der möglichen Kombinationen sehr groß ist, müssen Patient und Audiologe langwierige Sitzungen in Kauf nehmen, um gemeinsam die richtige Einstellung zu finden. Dies gilt in besonderem Maße bei Kindern, denn deren Aussagen über die Hörempfindungen sind nicht immer eindeutig. Daher ist bei Kindern nicht nur der zeitliche, sondern auch der personelle Aufwand größer; als weiteres Fachpersonal sind hier u.a. Audiologie-Assistentinnen, Pädaudiologen und ggfs. Sonderpädagogen erforderlich.

Die Feinanpassung des Sprachprozessors muss durch häufige Hör- und Sprachverständlichkeitstests überprüft werden, denn nur mit standardisierten Tests können die Erfolge und Schwierigkeiten des CI-Trägers erfasst werden. Die Testergebnisse geben Hinweise auf mögliche Verbesserungen bei der Feinanpassung des Prozessors. Die Tests sind nach Schwierigkeitsgraden gestaffelt. Als erstes wird die Erkennung von Geräuschen, Vokalen und Konsonanten geprüft. Später werden die Tests schwieriger: der CI-Träger muss Zahlwörter, Alltagssätze und einsilbige Testwörter

nachsprechen. Das Sprachmaterial wird von Tonträgern über Lautsprecher abgespielt und es kann wahlweise mit Störgeräuschen überlagert werden. Auf diese Weise deckt die heutige Sprachaudiometrie nahezu alle Hörsituationen und Schwierigkeitsgrade ab.

Es wird dem Leser aufgefallen sein, dass in diesem Text immer wieder von den *heutigen* CI-Systemen die Rede ist. Hierin kommt zum Ausdruck, dass die technische Entwicklung auf diesem Gebiet derzeit noch nicht abgeschlossen ist. Es ist überaus beeindruckend, mit welcher Geschwindigkeit sich die Technik innerhalb der relativ kurzen Geschichte des Cochlea-Implantats verbessert hat. Diese Verbesserungen betreffen alle wichtigen Bereiche: die Haltbarkeit und Zuverlässigkeit der implantierten Teile, die Menge der übertragenen Information und den Komfort für den versorgten Patienten. Auch in den nächsten Jahren ist mit technischen Fortschritten zu rechnen, die in den meisten Fällen durch Austausch der externen Teile, d.h. ohne eine erneute Implantation in den Dienst der CI-Träger gestellt werden können. Die wohl wichtigste Neuerung der jüngeren Vergangenheit ist die Miniaturisierung der Sprachprozessoren, die heute wie ein Hörgerät hinter dem Ohr getragen werden können und die früheren Taschengeräte weitgehend verdrängt haben. Obwohl die Geschichte des CIs vor erst etwa 25 Jahren begonnen hat, gehört der CI-Träger mit einem Steckkontakt hinter dem Ohr und einem schweren Apparat in der Tasche bereits heute der fernen Vergangenheit an.

Hörtraining und Sprachtherapie

Wer ein neues Sinnesorgan erhält, bedarf der intensiven Unterstützung spezialisierter Experten. Ohne die Anleitung und Hilfe speziell geschulter Fachtherapeuten wird sich kein optimaler Erfolg ergeben. Vor allem Kinder, die mit einem CI versorgt werden, sowie deren Eltern dürfen nicht selbst überlassen werden. Wird eine ungünstige Einstellung des Sprachprozessors nicht richtig erkannt und korrigiert, so besteht die Gefahr einer zu starken oder zu schwachen Stimulation des Hörnerven. In beiden Fällen wird der CI-Träger die Benutzung des Gerätes ablehnen. Es ist dann meistens sehr schwierig, ihn erneut von der Nützlichkeit des CIs zu überzeugen.

An der Rehabilitation der CI-Träger sind Logopäden, Pädaudiologen, Psychologen, Erzieher und Sonderpädagogen (Gehörlosenlehrer) beteiligt. Sie unterstützen den CI-Träger bei der neuen Erschließung der Welt der Töne und der Sprache. Im Fall von Schulkindern ist eine enge Zusammenarbeit mit den hierauf spezialisierten

Schulen erforderlich. Die Univ.-HNO-Klinik arbeitet in dieser Hinsicht mit dem *Hör-Sprachzentrum Heidelberg/Neckargemünd* zusammen.

Mit der Erstanpassung des Sprachprozessors beginnt gleichzeitig auch das Hörtraining. Für erwachsene Patienten findet es in Form einer teilstationären Intensivbehandlung (einmal täglich) durch Logopäden an unserer Abteilung für Stimm- und Sprachstörungen statt. Unumgänglich ist in dieser Phase auch das tägliche häusliche Üben.

Um die neuartigen Höreindrücke kennenzulernen, steht zu Beginn die Erarbeitung von Alltagsgeräuschen und Klängen im Vordergrund. Als nächster Schritt folgen Übungen zum Wahrnehmen der für das Sprachverständnis wichtigen Erkennungsmerkmale (suprasegmentale Merkmale) wie Wortlänge, Satzlänge, Melodie. Die nun folgenden Übungen dienen dem Hören und Verstehen von Sprache und werden hauptsächlich mit den Patienten durchgeführt, die erst einige Zeit nach Abschluss ihrer Sprachentwicklung das Gehör verloren haben: Lautunterscheidung, Wort- und Satzerkennung, Verstehen von Redefloskeln und Texten, Telefonieren.

Im Vordergrund aller Übungen steht die Hörverarbeitung ohne Lippenlesen. Selbstverständlich wird zu Beginn der Therapie der visuelle Kanal stark einbezogen, jedoch im weiteren Verlauf immer mehr ausgeblendet, um ein optimales „neues Hören“ zu erreichen. Das Ziel der Behandlung besteht darin, dass der Patient unter Einbeziehung aller seiner Fähigkeiten (Hören und Sehen) das bestmögliche Sprachverstehen erlangt.

Bei der Rehabilitation wird der CI-Träger von Logopäden bzw. auch Sonderpädagogen (Gehörlosenlehrern) angeleitet und unterstützt. Weil die Umstellung auf den neuen Zustand und die neue soziale Rolle zwischen Hörenden und Gehörlosen eine psychische Belastung für den CI-Träger darstellen kann, wird im Verlauf des postoperativen Hörtrainings auch psychologische Beratung und Hilfe angeboten. Dabei geht es u.a. um die Frage, wie der eigene Anspruch an die Kommunikationsfähigkeit wirklichkeitsangemessen eingestellt werden kann.

Die meisten CI-Träger stellen hohe Ansprüche an ihre Leistungen im Hören und Verstehen von Sprache. Messen sie sich aber an Normalhörenden, dann werden sie, trotz erstaunlicher Kommunikationsleistungen, immer wieder Misserfolge und Frustrationen erleben. Hier ist es notwendig, ein auf die persönliche Situation zugeschnittenes Anspruchsniveau zu entwickeln. Diese Aufgabe ist mit fachkundiger Hilfe von außen manchmal leichter lösbar.

Nicht jeder Mensch nimmt gerne auf Dauer fremde Hilfe in Anspruch. Dies gilt für Gehörlose in noch stärkerem Maße als für viele andere behinderte Menschen. Gehörlose betrachten sich zu recht nicht als krank. Sie setzen große Anstrengungen daran, ihr Leben zu meistern, ohne ständig auf die Hilfe ihrer Mitmenschen angewiesen zu sein. Genau dieses ermöglicht ihnen das CI. Eine führende Unterstützung ist aber dennoch nötig, denn erstens werden nur dann die Möglichkeiten des Cochlea-Implantats ausgeschöpft, und zweitens steht die versorgende Einrichtung in der Verantwortung gegenüber der Solidargemeinschaft, die die Versorgung erst ermöglicht hat.

Der Alltag des CI-Trägers

Ein wichtiges Ziel der CI-Versorgung besteht darin, das Leben des Betroffenen so weit wie möglich zu normalisieren. Es ist hierbei nicht ganz einfach, den Begriff des „Normalen“ genau zu definieren. Für jemanden, der noch nie in seinem Leben etwas gehört hat, ist der Zustand der Gehörlosigkeit durchaus normal – bestimmt normaler, als das Tragen und Nutzen eines CI-Systems mit äußerlich sichtbaren Teilen wie Mikrofon, Spule, Kabel und Sprachprozessor. Hingegen ist für einen langjährigen Hörgeräteträger die Sichtbarkeit einer Hörhilfe zum Normalzustand geworden, das CI verändert diesen Zustand lediglich in Hinblick auf die (hoffentlich verbesserte) Kommunikationsfähigkeit.

Wenngleich die „Normalisierung“ auf die Integration des Betroffenen in einer lautsprachlich orientierten Gesellschaft bezogen ist, so wird aus dieser kurzen Betrachtung doch deutlich, dass das äußere Erscheinungsbild im alltäglichen Leben des CI-Trägers eine große Rolle spielt. Das ist durchaus verständlich und es muss sehr ernst genommen werden. Von den vielen Menschen, denen wir täglich begegnen, unterhalten wir mit nur einem verschwindend geringen Bruchteil engere Kontakte. Nur dieser kleine Bruchteil von Menschen hat eine Chance, von dem Gewinn, den die Nutzung des CI bringt, Notiz zu nehmen. Alle anderen Mitmenschen sehen lediglich die ihnen unbekanntenen externen Teile des CI-Systems, und viele von ihnen sind mit Vorurteilen sehr schnell. Es gibt viele Gehörlose, die lieber weiterhin taub bleiben als sich durch äußerlich sichtbare Merkmale zu stigmatisieren und sich als hörbehindert zu zeigen. Obwohl diese Haltung verständlich ist, bemühen wir uns immer wieder, sie zu abzubauen, denn wir sind der Überzeugung, dass Gehörlose nicht auf ein Stück Lebensqualität verzichten sollten, nur um dem Druck von Vorurteilen nachzugeben. Den betroffenen Personen kann häufig mit dem Hinweis geholfen werden, dass das Tragen äußerlich sichtbarer Kommunikationsgeräte am Ohr heute angesichts von Diskman, MP3-player, iPod, Mobiltelefon und Headset nicht

besonders ungewöhnlich ist. Hinzu kommt die ansteigende Bekanntheit und Popularität des CIs und die zunehmend bessere Aufklärung der Bevölkerung. Mit der Verfügbarkeit von kleinen, hinter dem Ohr (HdO) getragenen Sprachprozessoren haben die kosmetischen Probleme schon viel von ihrer früheren Bedeutung verloren.

Das CI benötigt Energie, die es aus Akkus oder Batterien bezieht. Die Kosten hierfür werden von der Krankenversicherung getragen. Dasselbe gilt für Reparaturen und Ersatzteile. Der Bedarf dafür ist glücklicherweise niedrig. Alle in Deutschland vertretenen CI-Anbieter haben ein Service-Netz aufgebaut, das dem CI-Träger im Fall technischer Probleme eine schnelle Hilfe zusichert. In der Regel funktioniert dieser technische Kundendienst schnell und zuverlässig. Der CI-Träger wendet sich telefonisch, per Fax, per e-mail oder schriftlich direkt an die Service-Adresse und erhält von dort den benötigten Ersatz. Die Abrechnung erfolgt meistens direkt mit den Kassen, auch wenn in einigen Fällen die versorgende Klinik eine Ärztliche Verordnung ausstellen muss. Wird der ganze Prozessor ausgetauscht, so muss der CI-Träger für die Programmierung zum Audiologen seiner Klinik gehen. In vielen Fällen kann der Ersatzprozessor aber auch vom Hersteller mit den in der Klinik gespeicherten Werten programmiert werden.

Der CI-Träger sucht seine Klinik nicht nur bei technischen oder anderen Problemen, sondern auch zu regelmäßigen Routinekontrollen auf. Obwohl diese Kontrolluntersuchungen im Laufe der Zeit immer seltener werden, reißt der Kontakt zwischen Patient und Klinik niemals ganz ab. In Heidelberg wird die erste umfangreiche Kontrolle und Korrektur des Sprachprozessors etwa einen Monat nach der Erstanpassungsphase durchgeführt. Die weiteren regulären Termine für technische Kontrollen liegen drei, sechs, zwölf und 24 Monate nach der Erstanpassung. Nach dieser Zeit werden mit dem CI-Träger je nach Bedarf und Fortschritten weitere Kontrollen ohne festes Zeitschema (mindestens jedoch einmal jährlich) durchgeführt.

Manche CI-Träger, die gut zurechtkommen und keine Probleme mit der Technik oder dem Hören haben, sehen die Notwendigkeit dieser Kontrolluntersuchungen nicht ein. Sie sollten sich aber vergegenwärtigen, dass die Elektroden auch lange Zeit nach der Implantation dem Wachstum, den Gewebeveränderungen und den schwankenden Stoffwechselbedingungen in der Hörschnecke ausgesetzt sind. Diese können Änderungen in der Leitfähigkeit der Schneckenflüssigkeit zur Folge haben und dies wiederum beeinflusst die optimalen Reizstrombereiche. Weil diese Effekte sehr langsam ablaufen, bemerkt sie der CI-Träger oftmals erst dann, wenn sich bei der nächsten Prozesseinstellung andere Werte ergeben. Die neue Einstellung, die den gegenwärtigen Innenohrverhältnissen besser Rechnung trägt, ist im ersten Mo-

ment fremd und gewöhnungsbedürftig. Die Gewöhnung fällt umso schwerer, je länger die seit der letzten Einstellung verstrichene Zeit ist. Auch das ist ein Grund, die Klinik regelmäßig aufzusuchen.

Im Alltag eines jeden CI-Trägers tritt immer wieder die Frage auf, ob ein technischer Fehler im System vorliegen könnte. Dies ist wie bei allen komplexen Geräten auf die Vielzahl möglicher Fehlerquellen zurückzuführen: Die Batterie kann erschöpft sein, möglicherweise sitzt die Spule zu locker, es können Kabelbrüche auftreten und es besteht die Möglichkeit, dass das Mikrofon verschmutzt ist oder wegen eingetretener Feuchtigkeit aussetzt. Erkennbar sind technische Funktionsstörungen daran, dass die elektrische Stimulation trotz ausreichender Schalleinwirkung unterbrochen ist oder ganz ausbleibt. Für den erwachsenen CI-Träger ist es kein Problem, das Ausbleiben der Höreindrücke festzustellen. Tritt eine Funktionsstörung hingegen bei dem CI eines Kleinkindes auf, so bedarf es einer aufmerksamen Beobachtung durch Eltern oder Erzieher, dies eindeutig festzustellen. Einige moderne Geräte zeigen mit einem Alarmsignal an, dass die Batterieleistung nachlässt. Andere Funktionsstörungen werden durch ein graphisches Symbol oder eine Signalleuchte auf dem Sprachprozessor gemeldet. Bei einem solchen Alarm besteht die Möglichkeit, mit einfachen Mitteln eine Funktionskontrolle durchzuführen und einen möglichen Fehler einzugrenzen. Auf diese Weise kann der Fehler häufig ohne fremde Hilfe (z.B. durch Austausch eines Kabels) behoben werden, nur selten muss der CI-Träger wegen einer Reparatur auf den ganzen Sprachprozessor verzichten.

Für eine fehlerfreie Kommunikation zwischen Sprachprozessor und Implantat muss die Sendespule fest an der Kopfhaut anliegen, sie darf sich bei Kopfbewegungen nicht ablösen. Um dies zu gewährleisten müssen die Haare an der entsprechenden Stelle regelmäßig geschnitten und kurz gehalten werden. Dies bereitet den meisten CI-Trägern keine Probleme. Die Spule und das kurze Verbindungskabel zwischen HdO-Mikrofon und Spule können in den meisten Fällen mit dem darüberliegenden längeren Haar verdeckt werden. Die „Tarnung“ ist oftmals so perfekt, dass es nur einem Eingeweihten gelingt, den CI-Träger als solchen zu erkennen.

Beim Schlafen werden die externen Komponenten des CI-Systems abgelegt, der CI-Träger ist also wieder gehörlos. Für das Wecken bedarf er weiterhin der gewohnten Hilfsmittel (Licht- oder Vibrationswecker). Auch während der Ausübung mancher Sportarten (z.B. Schwimmen) muss auf Mikrofon und Sprachprozessor verzichtet werden, sportliche Betätigung ist aber sonst in fast jeder Hinsicht möglich. Eine Ausnahme stellen einige Kampfsportarten dar, da die implantierten Teile und auch der

CI-Träger durch Stürze und Schläge auf den Kopf ernsthaft gefährdet werden können.

Alle in Deutschland zugelassenen CI-Systeme sind gegen die Effekte elektrostatischer Aufladung und Entladung soweit geschützt, dass eine Gefährdung des CI-Trägers ausgeschlossen ist. Dennoch lässt es sich nicht vollständig ausschließen, dass es infolge elektrostatischer Effekte zu Stimulationen des Hörnerven kommt. Solche Effekte können auftreten, wenn Sprachprozessor, Kabel oder Spule mit elektrisch aufgeladenen Personen oder Gegenständen in Berührung kommen. Der CI-Träger sollte daher elektrostatisch aufgeladene Personen oder Gegenstände immer zuerst selber berühren, bevor sie mit einem seiner CI-Teile in Kontakt kommen.

In die Sicherheitsbetrachtungen von Gerät und Patient werden aber nicht nur konstante (statische) elektrische Spannungen, sondern auch zeitlich veränderliche elektromagnetische Felder (elektromagnetische Verträglichkeit, EMV) einbezogen. Quellen derartiger Felder sind z.B. Mikrowellenherde, Mobiltelefone und Sendemasten. Zu deren Auswirkung kann gesagt werden, dass Sprachprozessor und Implantat gegen die im täglichen Leben vorkommenden Feldstärken ausreichend geschützt sind. Dies betrifft das Auftreten von Störungen, die durch Störfelder verursacht werden könnten. Weiterhin muss berücksichtigt werden, dass die Kommunikation zwischen Sende- und Empfangsspule durch Hochfrequenzfelder beeinträchtigt werden könnte. Um der Entstehung unbeabsichtigter Hörnervenreizungen durch vagabundierende Hochfrequenzsignale vorzubeugen, führt die Empfänger- und Decodierelektronik eine Protokollprüfung jeder empfangenen Signalsequenz durch. Nur wenn die Pulsfolge in der festgelegten „Sprache“ einen wohldefinierten Sinn ergibt, kommt es zu einer Stimulation; andernfalls wird kein Befehl ausgeführt.

Neben der aktiven Elektronik, die auf Folgen von Hochfrequenzpulsen reagiert, enthält das Implantat aber noch einen relativ starken Permanentmagneten, auf den durch externe Magnetfelder erhebliche Kräfte ausgeübt werden können. Starke Magnetfelder begegnen uns im täglichen Leben relativ selten, sie sind aber bei den Diebstahlsicherungseinrichtungen von Kaufhäusern, in der Flugsicherung und in besonders großer Feldstärke bei der Kernspintomographie (MRT) im Spiel. In einem Ausweis, den der CI-Träger immer mit sich führen sollte, sind die Verhaltensregeln im Umgang mit derartigen Einrichtungen aufgezählt. Dies betrifft auch die Durchführbarkeit bzw. Einschränkung von ärztlichen Diagnose- und Therapiemaßnahmen (Röntgenstrahlen, Elektrochirurgie).

Eine selbstverschuldete Art unbeabsichtigter Hörnervenreizungen kann dadurch auftreten, dass CI-Träger ihre Sprachprozessoren miteinander austauschen. Es sollte sich von selbst verstehen, dass dies niemals geschehen darf! Die auf einen Patienten und seinen Hörnerven abgestimmten Reizstärken können für einen anderen CI-Träger unzulässig stark sein und ihm Schmerzen verursachen oder motorische Nervenreizungen auslösen. Daher wird bei vielen der heutigen CI-Systeme die Fremdnutzung durch eine automatische Implantaterkennung verhindert.

Wie gut hört und versteht ein CI-Träger?

Der mit einem CI erzielbare Erfolg ist individuell sehr unterschiedlich und bis heute im Einzelfall nicht vorhersagbar. Ohne jeden Zweifel steht jedoch fest, dass die Erkrankungsgeschichte ein wichtiger erfolgsbestimmender Faktor ist. Denn die Nutzung der vom CI bereitgestellten Information setzt Fähigkeiten des zentralen Nervensystems voraus, die nur während der Zeit des natürlichen Spracherwerbs in der frühen Kindheit erworben werden können. Bekanntlich bereitet das Erlernen einer Fremdsprache einem erwachsenen Menschen sehr viel mehr Mühe als einem Kind; noch viel stärker vom Lebensalter und der altersentsprechenden Entwicklung des Gehirns hängt die Fähigkeit zum Erlernen der *Erstsprache* ab. Wenn ein hörbehinderter Mensch in den sensiblen Phasen des Spracherwerbs nicht über ein ausreichendes Gehör verfügt oder ihm keine ausreichende Förderung zukommt, ist der Spracherwerb zu jedem späteren Zeitpunkt außerordentlich erschwert oder gar unmöglich.

Auch wenn es ein CI gäbe, das sich in seiner Arbeitsweise vom natürlichen Gehör nicht unterscheidet, könnte es das frühere Versäumnis nicht ausgleichen. Noch weniger gelingt dies bei der Unzulänglichkeit, die jedes CI-System im Vergleich zum natürlichen Gehör aufweist. Dies hat die Folge, dass auch bei Spätertaubten keine vollständige Wiederherstellung der sprachlichen Kommunikation erreicht werden kann. Die sprachliche Information, die das CI den sprachverarbeitenden Zentren des Gehirns zur Verfügung stellt, ist lückenhaft und sie muss mit Hilfe von Kombinationen und Assoziationen ergänzt werden. Das Hören mit dem CI ist manchmal harte geistige Arbeit, es erfordert viel Konzentration und es stellt eine große Anstrengung dar. Wenn der CI-Träger nicht genügend Motivation mitbringt und nicht die Bereitschaft aufweist, die „fremde Sprache“ zu erlernen und sich mit der neuartigen Welt des Hörens vertraut zu machen, wird er vom CI nicht viel profitieren und möglicherweise enttäuscht sein. Das ist ein wesentlicher Grund für die psychologische Untersuchung der seelischen und persönlichen Grundvoraussetzungen vor der Entscheidung zur Operation.

CI-Versorgungen werden auch heute noch in der Regel nur auf einer Seite durchgeführt, denn die Versorgung ist sehr aufwendig und der Vorteil einer beidohrigen Versorgung nicht immer überzeugend. Es muss außerdem berücksichtigt werden, dass in der technischen Entwicklung der CI-Systeme weiterhin mit Fortschritten zu rechnen ist. Für die Nutzung einer möglicherweise gänzlich verschiedenartigen zukünftigen Technik kann es wichtig sein, dass sich Außen-, Mittel- und Innenohr im ursprünglichen Zustand befinden. Es wäre unklug, den Weg für diese zukünftige Option wegen eines vielleicht nur geringen gegenwärtigen Vorteils zu verstellen. Eine andere Situation liegt vor, wenn die Ertaubung durch eine Krankheit (wie z.B. Meningitis) ausgelöst wurde, in deren Folge mit einer Verknöcherung der Hohlräume des Innenohres gerechnet werden muss. Hier gehen immer mehr CI-Zentren dazu über, insbesondere bei Kindern eine beidohrige Versorgung zu befürworten, da zu einem späteren Zeitpunkt möglicherweise keine Elektroden mehr eingeführt werden können.

Infolge der einohrigen Versorgung können CI-Träger kein gutes Richtungsgehör aufweisen. Die Lokalisation einer Schallquelle gelingt allenfalls zufällig und unter Zuhilfenahme des Sehsinnes. Ebenfalls auf die einohrige Versorgung ist es zurückzuführen, dass das Hören im Störgeräusch Probleme bereitet. Sowohl für das Richtungshören als auch für die Spracherkennung im Störgeräusch beruht der Vorteil des natürlichen beidohrigen Hörens auf zwei Effekten: Erstens wirft der Kopf auf der der Schallquelle abgewandten Seite einen akustischen „Schatten“, so dass der Schall beide Ohren mit unterschiedlichen Pegeln erreicht, und zweitens trifft die erste Schallwellenfront zuerst an dem der Schallquelle zugewandten Ohr ein, so dass der Schall beide Ohren zu unterschiedlichen Zeiten erreicht. Diese *interauralen Pegel- und Laufzeitdifferenzen* können mit CI-Systemen auch ohne beidseitige Implantation genutzt werden, wenn der Sprachprozessor die Eingangssignale zweier, auf beiden Seiten des Kopfes angebrachter Mikrophone erhält und verarbeitet. Ansätze hierzu sind bereits erfolgreich getestet worden, und es ist durchaus möglich, dass dem CI-Träger in naher Zukunft auf diese Weise ein verbessertes räumliches Hören ermöglicht wird.

In der gegenwärtigen Situation aber und auch auf absehbare Zeit muss der CI-Träger noch manche Einbußen hinnehmen. Um trotz dieser Einbußen im täglichen Leben bestehen zu können ist es sinnvoll, sich eine Hörtaktik anzueignen, mit deren Hilfe die hörenden Mitmenschen zumindest teilweise auf den richtigen Umgang mit dem CI-Träger hingeführt werden können. Hierzu gehört der Hinweis auf die Behinderung, die Aufforderung, langsam, deutlich und nicht zu laut zu sprechen, hierbei auf Blickkontakt zu achten und ein Ansprechen von hinten zu vermeiden. In Bespre-

chungen mit einer größeren Zahl von Teilnehmern bleibt es dem CI-Träger nicht erspart, sich selbstbewusst zu seiner Behinderung zu bekennen und ein Mikrofon so zu plazieren, dass er alle Gesprächsteilnehmer gut hören kann.

Die Standardausrüstung eines CI-Trägers, bestehend aus Mikrofon, Sprachprozessor, Kabel und Spule, kann durch einige spezielle Geräte erweitert werden. Die meisten dieser Zusatzgeräte helfen bei der Bewältigung besonders schwieriger akustischer Situationen (externes Zusatzmikrofon, Kabel für den Anschluss von TV- und Audiogeräten, FM-Übertragungsanlagen), andere dienen der Kontrolle der Gerätefunktion (Abhörmikrofon). Ein Teil dieser Geräte gehören zum gewöhnlichen Lieferumfang, andere müssen im Einzelfall separat bestellt (und bezahlt) werden. Die Details hierüber erfährt der CI-Träger beim jeweiligen Hersteller.

Ein weiteres für die Hörqualität wesentliches Merkmal von CI-Systemen ist die Option, der Vielfältigkeit unterschiedlicher Hörsituationen durch die Verfügbarkeit mehrerer „Hörprogramme“ gerecht zu werden. Die einzelnen in einem Prozessor gespeicherten Programme können durch Knopfdruck angewählt werden. Sie entsprechen jeweils einer anderen Signalverarbeitung, so als hätte der CI-Träger mehrere Sprachprozessoren, die er wechselweise tragen kann. Die Hörprogramme können so eingerichtet werden, dass der CI-Träger in verschiedenen Hörsituationen, z.B. beim Fernsehen, in einer Besprechung, auf der Straße, im Gasthaus oder im Konzertsaal die jeweils günstigste Signalverarbeitung verwendet.

Schluss

Zur Zeit der Entstehung dieser Informationsschrift waren weltweit etwa 80000 Menschen mit einem CI ausgestattet. Die meisten Menschen, die mit dem CI zu tun haben – sei es als Betroffene, als Angehörige, als Therapeuten, Lehrer oder Erzieher – haben keinen Zweifel daran, dass der Nutzen dieser Rehabilitationshilfe unschätzbar groß ist. Trotzdem ist das CI nicht unumstritten. Es gibt Personen und Gruppen, die der Bevorzugung der Lautsprache mit Misstrauen begegnen und die Ausrottung der Gebärdensprache befürchten. Manche Kritiker befürchten, dass die Versorgung den CI-Zentren und den hier beschäftigten Menschen mehr nutzt als den Betroffenen; zuweilen wird sogar der Verdacht geäußert, dass Versorgungen gegen den Willen der Betroffenen durchgeführt werden. Solange die Entscheidung für oder gegen die CI-Versorgung von den Betroffenen selbständig und frei getroffen wird, sind derartige Probleme ausgeschlossen. Problematisch hingegen ist die schwierige Entscheidung, die die Eltern gehörloser Kinder zu treffen haben. Wie bei jedem anderen medizinischen Hilfsmittel kann auch beim CI der Erfolg nicht garan-

tiert werden, und es ist nicht auszuschließen, dass das versorgte Kind seine Eltern später wegen enttäuschender Ergebnisse zur Rechenschaft ziehen wird. Andererseits hätte ein *nicht* versorgtes Kind dasselbe Recht hierzu. Die Verpflichtung aller Eltern, für ihre Kinder schwerwiegende und folgenreiche Entscheidungen fällen zu müssen, ist aber zweifellos viel älter als die Möglichkeit zur erfolgreichen Bekämpfung der Gehörlosigkeit – und es werden wohl wenige Entscheidungen in so guter Absicht getroffen, wie die, ein als wirksam erwiesenes Hilfsangebot im Auftrag für einen hilfsbedürftigen Menschen anzunehmen.

Am Schluss einer umfangreichen Informationsschrift über das CI ist die Frage angebracht, was die Zukunft bringen wird. Eine Erhöhung der derzeitigen Zahl von 12 bis 20 Elektroden (Kanälen) ist weniger zu erwarten und auch nicht sinnvoll, da die Zahl der Elektroden an die der Haarsinneszellen ohnehin nie herankommen wird. Insofern wird die mit CI-Systemen erzielbare Tonhöhenunterscheidung immer hinter der des natürlichen Vorbildes zurückbleiben. Ähnliches gilt für die zwei anderen Dimensionen des Hörens, nämlich die Pegelunterscheidung und die Zeitauflösung. Glücklicherweise hat sich gezeigt, dass die große Diskrepanz zwischen den Leistungsdaten des Innenohres und des Cochlea-Implantats nur erstaunlich geringfügige Informationsübertragungsdefizite mit sich bringen. Sicherlich werden diese Defizite durch eine zukünftige schnellere Stimulationsfolge, durch wirkungsvollere Signalverarbeitungsverfahren und durch eine bessere Anpassung der Technik an den Patienten weiter abgebaut werden. Bei der beidohrigen CI-Versorgung ist damit zu rechnen, dass eine Kopplung der zwei Prozessoren zu besseren Ergebnissen führt. Und schließlich sind in den letzten Jahren die Voraussetzungen dafür geschaffen worden, dass viele CI-Träger ein noch vorhandenes Restgehör auch nach der Implantation weiterhin akustisch nutzen können. Die Gehörlosigkeit ist zwar auch mit diesen und den noch zu erwartenden Verbesserungen nicht vollständig überwunden, sie wird aber für die Betroffenen sehr viel erträglicher.

Die Bedeutung des CI kann niemand besser beurteilen als ein Mensch, der sein Gehör zuerst verloren und dann wiedergewonnen hat. Daher sei an den Schluss dieses Schriftstückes die unkommentierte Äußerung einer unserer CI-Trägerinnen gestellt:

Viele Grüße

auch an Frau Linke und

Prof Weidauer-

mir geht es mit dem Maschinchen und dem
Computer im Kopf so gut wie nie.




Autoren:

Sebastian Hoth
Barbara Strate
Inka Weinbrenner
Michael Wolfart

Univ.-HNO-Klinik Heidelberg



An der Univ.-HNO-Klinik Heidelberg werden taube, resthörige und gehörlose Patienten seit 1986 mit Cochlea-Implantaten versorgt und rehabilitiert.

Kontaktadresse:

Prof. Dr. Sebastian Hoth
Univ.-HNO-Klinik
Im Neuenheimer Feld 400
D-69120 Heidelberg
Tel 06221 - 5636798
Fax 06221 - 564641
sebastian.hoth@med.uni-heidelberg.de