

„MARIA, HÖREN SIE MICH?“

Ärzte und Ingenieure arbeiten Hand in Hand bei der Entwicklung von Neuroimplantaten. Geschädigte Hörnerven zu ersetzen, gelingt seit etwa 10 Jahren. Die wichtigen Bauteile werden immer kleiner und leistungsfähiger. Erste Studien an Sehprothesen sind vielversprechend.

TEXT > Angela Rabenstein-Wischnewski

„Können Sie mich hören?“, fragt eine Stimme. Sie klingt außerirdisch. Maria wird leicht übel vor Schreck, dann lächelt sie. Es ist der erste Satz, den sie hört, seitdem sie vor Jahren ihr Gehör verloren hat. „Maria, hören Sie mich?“ Jetzt wird die Stimme menschlicher. Heute ist der Tag, an dem Maria ihren Sprachprozessor bekommt und ihr neues Hören mit diesem kleinen Computer das erste Mal getestet wird. Maria ist eine von etwa 400 Patienten in Deutschland mit einem Hirnstammimplantat. Dort, wo ihre nicht mehr funktionierenden Hörnerven enden, haben ihr Ärzte der Medizinischen Hochschule Hannover (MHH) eine winzige Reizelektrode implantiert – auch Auditory Brainstem Implant genannt (ABI).

HÖREN MIT EINER IMPLANTIERTEN REIZELEKTRODE AM HIRNSTAMM

Das ABI ist eine Hörprothese und ersetzt die Funktion des Hörnervs, der im gesunden Zustand Signale aus dem Innenohr zum Hörkern weiterleitet. Das ABI-System besteht aus einem äußerlich zu tragenden Sprachprozessor mit Mikrofon und Sendespule sowie einer Reizelektrode, die auf den Hirnstamm geschoben wird. Das Prinzip basiert darauf, Schall in elektrische Energie umzusetzen und damit eine Reizung des Hörnervkerns im Hirnstamm auszulösen.

Der Prozessor hängt wie ein Headset hinter Marias Ohr. Sobald sie ihn einschaltet, ist sie

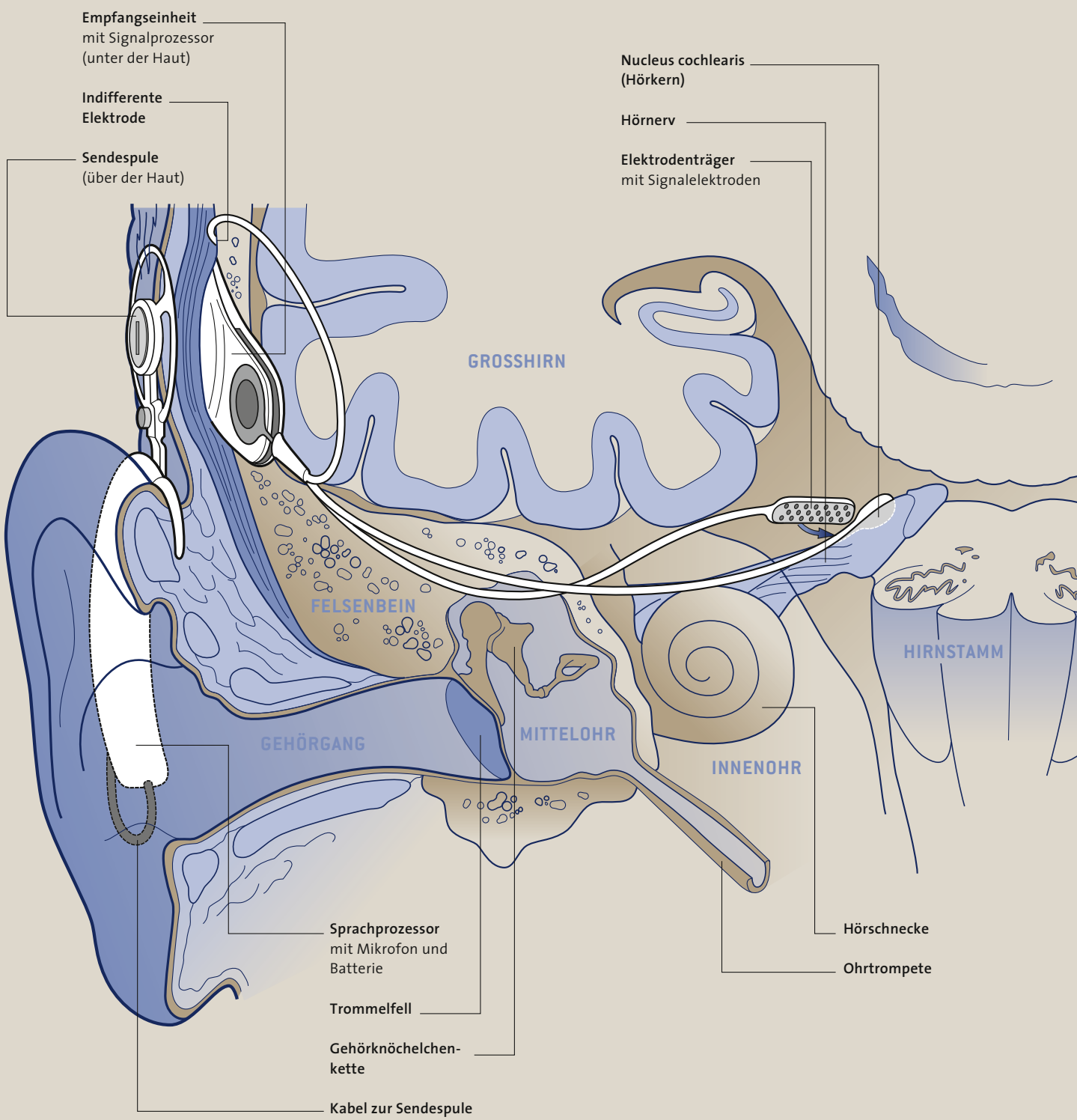
akustisch mit der Außenwelt verbunden. Über ein winziges Mikrofon nimmt das Gerät Schallwellen auf, wandelt sie in elektrische Signale um und leitet sie in den Sprachprozessor. Dieser erzeugt daraus eine Impulsserie, die über die Sendespule und den Empfänger unter der Kopfhaut schließlich die implantierte Elektrode erreicht, die aus bis zu 22 Einzelkontakten besteht. Die Impulsfolge löst in den Nervenzellen des Hörkernegebietes biologische Potenziale aus, die über den intakten Teil der Hörbahn bis ins Großhirn weitergeleitet werden, das daraus eine Hörempfindung erzeugt. Entscheidend hierfür ist die Menge an Elektronen, die auf die Hörnervenzellen einwirkt, gemessen in Nanocoulomb (nC). Heutige Systeme stimulieren den Hörnerv mit minimalen 10 nC ($2,78 \times 10^{-12}$ Amperestunden), einer Frequenz von 3.000 Hertz und einer Dauer von 20 Mikrosekunden, während früher nur Wiederholungsfrequenzen von 250 Hertz erreicht wurden.

Das ABI-System ist eine Weiterentwicklung des Cochlea-Implantats (CI), der ersten echten Neuroprothese, die bereits seit 1984 an der MHH eingesetzt wird. Sie unterscheidet sich vom ABI durch den Ort der Ankopplung an die Hörbahn. Wenn, wie bei vielen Gehörlosen der Fall, die Hörnerven intakt, aber die Haarsinneszellen im Innenohr von Geburt an verkümmert oder abgestorben sind, kann ein CI das Hören wieder ermöglichen. Hierfür wird der Elektrodenträger in die Gänge der Gehörschnecke (Cochlea) eingeschoben.

INFO

Die Medizintechnik ist hierzulande eine der großen Wachstumsbranchen. Der Gesamtumsatz der Branche stieg im Jahr 2006 um 8,1 Prozent auf 15,9 Milliarden Euro. Deutschland liegt bei Patenten und Welthandelsanteil auf dem zweiten Platz hinter den USA. Rund ein Drittel ihres Umsatzes erzielen die deutschen Medizintechnikhersteller mit Produkten, die weniger als drei Jahre alt sind.

Quelle: BVMed, Spectaris. 2007, BMBF



Empfangseinheit
mit Signalprozessor
(unter der Haut)

Indifferente
Elektrode

Sendespule
(über der Haut)

Nucleus cochlearis
(Hörkern)

Hörnerv

Elektrodenträger
mit Signalelektroden

GROSSHIRN

FELSENBEIN

HIRNSTAMM

GEHÖRGANG

MITTELOHR

INNENOHR

Sprachprozessor
mit Mikrofon und
Batterie

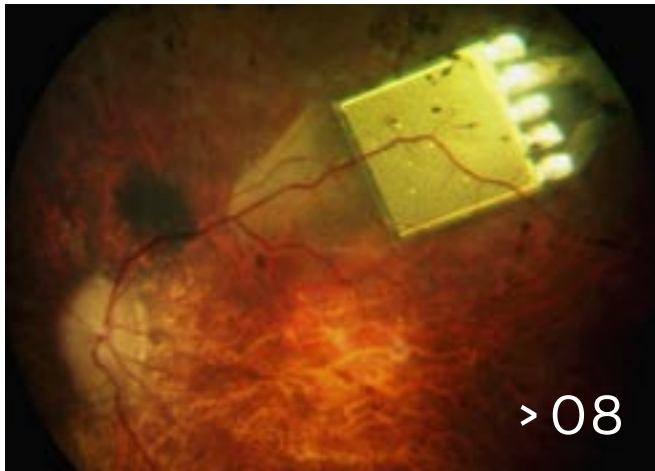
Hörschnecke

Ohrtrompete

Trommelfell

Gehörknöchelchen-
kette

Kabel zur Sendespule



> 08
Das subretinale Implantat wird unter die Netzhaut gesetzt und ersetzt dort geschädigte Sinneszellen. Stimulationselektronen sorgen für die Reizweiterleitung ins Gehirn.

Die Elektroden übernehmen hier die Funktion der Haarsinneszellen in der Gehörschnecke: Sie nehmen die Schallwellen auf, wandeln sie in elektrische Impulse um und geben sie an den Hörnerv weiter, der die Informationen zum Gehirn leitet. Das Funktionsprinzip ist ähnlich wie beim ABI. Man benötigt ebenfalls Mikrofon, Sprachprozessor und Sendespule.

MEHR KLANGDETAILS SORGEN FÜR EIN SATZVERSTÄNDNIS VON BIS ZU 93 PROZENT

„Die ersten CI und Sprachprozessoren sind mit den heutigen kaum zu vergleichen“, sagt Hals-Nasen-Ohren-Chirurg Thomas Lenarz von der MHH. „Die technische Entwicklung in den letzten 20 Jahren war immens. Wir haben heute nicht nur eine stärkere Stimulierung der Nervenzellen durch verfeinerte Elektroden, sondern auch eine viel bessere Biokompatibilität der implantierten Teile sowie Sprachprozessoren mit wesentlich mehr Klangdetails. Das Codierungsprinzip von MP3-Playern wurde hier integriert“, erläutert Lenarz.

Hersteller versprechen mit den neuesten Prothesen ein Satzverständnis bis zu 93 Prozent. Voraussetzung ist ein individuell programmierter Sprachprozessor, der für jede Elektrode genau die elektrische Energie (Hörschwelle) ermittelt, die

zur Auslösung einer Hörempfindung führt. Denn das Hörzentrum im Gehirn muss lernen, die mit dem CI gehörten Töne und Vokale zu unterscheiden und richtig zuzuordnen. Ist dies geschehen, können die Träger ohne Probleme telefonieren und ein normales Leben führen und sind nicht mehr auf Lippenlesen angewiesen. Das CI empfiehlt sich vor allem für taub geborene Kinder, die mit dieser Prothese von Beginn an hören und somit sprechen lernen können.

Die Erfolge mit Cochlea-Implantaten und der Trend zum Verkleinern der Elektronik haben parallel auch die Entwicklung von Sehprothesen für Blinde vorangetrieben. Den vielversprechendsten Ansatz liefert zurzeit die Ankopplung eines so genannten subretinalen Implantats an die Netzhaut (Retina). Hierbei wird das Implantat unter die Netzhaut gesetzt. Genau an die Stelle, an der sich bei gesunden Menschen die lichtempfindlichen Sinneszellen befinden.

Ein solches Implantat haben deutsche Augenkliniken und Forschungsinstitute in zwölf Jahren interdisziplinärer Zusammenarbeit entwickelt. Zum Forschungsverbund gehören Spezialisten der Augenheilkunde, Chirurgie, Biologie, Physik, Mikroelektronik und Elektrotechnik. Das Ergebnis: ein Siliziumchip von ca. drei Millimetern Durchmesser und 0,05 Millimetern Dicke, in dem etwa 1.500 Pixelfelder angeordnet sind. Jedem Pixelfeld sind wiederum Fotozellen, eine Verstärkerschaltung und eine Stimulationselektrode zugeordnet. Die Fotoelektroden nehmen das ins Auge fallende Licht auf und wandeln es in elektrische Signale um. Die intakten Netzhautzellen empfangen die Signale und leiten sie über die Nervenzellen der Sehbahn weiter zum Gehirn.

Normalerweise beträgt das Gesichtsfeld bzw. der Bereich, den ein Mensch bei ruhig gestellten Augen überblicken kann, 180 Grad. Der Chip kann innerhalb eines Gesichtsfeldes von 12 Grad eine Sehschärfe herstellen, die es blinden Menschen ermöglicht, sich wieder selbständig zu bewegen und Gegenstände oder Personen zu erkennen.

2005 begann die erste klinische Pilotstudie mit sieben Testpersonen, denen ein Implantat-Prototyp eingesetzt und nach 30 Tagen wieder entfernt wurde. Ab Herbst 2007 sollten weitere sechs Patienten operiert werden und die Implantationsdauer sollte auf vier Monate verlängert werden.

Das Know-how der gemeinsamen Anstrengung der Forscher floss in das 2003 gegründete Medizintechnikunternehmen Retina Implant AG, das die Herstellung, klinische Zulassung und weltweite Vermarktung der Sehprothese übernimmt. In zwei Jahren soll ein technisch ausgereifter Chip für rund 25.000 Euro auf den Markt kommen. Bis dahin bringen die Ergebnisse einer weiteren Studie die Marktreife weiter voran, mit Beteiligung von Kliniken im In- und Ausland. „Optimiert werden muss vor allem noch die Anpassung des Chips an den Patienten“, erläutert Biochemiker Hugo Hämmerle vom Naturwissenschaftlichen und Medizinischen Institut an der Universität Tübingen. „Sicherlich gibt es immer Verbesserungsmöglichkeiten bei der Technik, aber wir sehen derzeit die medizinischen Fragen im Hinblick auf Trai-

ning, Rehabilitation und Eingewöhnung als die größeren Herausforderungen“, ergänzt er.

Die rasanten Entwicklungen in der Neuroprothetik wurden vor allem durch Fortschritte in der biomedizinischen Grundlagenforschung und verbesserte Technologien begünstigt. Auch die steigende Nachfrage einer alternden Gesellschaft sowie die Aussicht, dass der Einsatz effizienter technischer Hilfen die Kosten in der Therapie sinken lässt, leisteten ihren Beitrag. Betrachtet man die Erfolge der Cochlea-Implantate, stellt der Sinnesprothesenmarkt einen zurzeit stark expandierenden Zweig der Medizintechnikbranche dar. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung finanziert die Entwicklung moderner Prothesen bis 2009 mit 20 Millionen Euro. Mit dem „Aktionsplan Medizintechnik“ will die Bundesregierung in den kommenden Jahren die Forschungs- und Wettbewerbssituation Deutschlands verbessern. Als wesentlicher Trend gilt darin unter anderem die Miniaturisierung, wie zum Beispiel bei der Entwicklung von intelligenten Implantaten. 🌸

