

## Neue Ergebnisse der operativen Behandlung der Gehörlosigkeit

Von Ugo Fisch, Thomas Spillmann und Nobert Dillier\*)

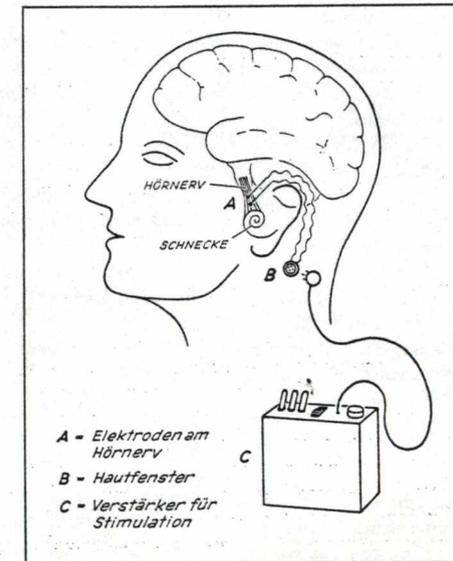
Mit der operativen Verbesserung der Schwerhörigkeit hat sich die Ohrchirurgie seit Ende des letzten Jahrhunderts befaßt. Ihre Erfolge in der Wiederherstellung der Schallleitungsfunktion haben vor rund 20 Jahren zu einer neuen Ära der funktionellen Mittelohrchirurgie geführt. Damit sind zwar Störungen der mechanischen Schallübertragung zwischen Luft und Innenohr (z. B. infolge von Trommelfeldefekten oder Steigbügel-fixation) behebbar. Die weitaus zahlreicheren Patienten mit beidseitiger Schallempfindungshörstörung (auch als cochleäre oder sensori-neurale Hörstörung bezeichnet) jedoch sind noch immer allein auf die Hilfe einer Hörprothese angewiesen, die bei sehr hochgradigen Schädigungen des Sinnesorganes nicht mehr ausreicht. Derartige Schädigungen sind entweder angeboren oder infektiös (z. B. Meningitis), toxisch (z. B. Aminoglycosid-Antibiotika), traumatisch (z. B. Lärm, Ohrverletzung) oder degenerativ (z. B. Altersschwerhörigkeit) entstanden. An Versuchen, auch diese Störungen therapeutisch zu beeinflussen, hat es seit jeher nicht gefehlt. Die Liste dieser Versuche reicht von der Frischzellenkur bis zur Akupunktur. Von allen hat sich jedoch bisher nur einer als gangbar erwiesen:

Seit den heroischen Versuchen von Volta um 1800 weiß man, daß Hörempfindungen beim Normalhörenden wie auch beim Schwerhörigen durch elektrische Reizung des Ohres ausgelöst werden können. Neben dem *elektrophonischen Gehör*, das bei geeigneter Lokalisation der stimulierenden Elektrode Empfindungen im ganzen hörbaren Spektrum vermittelt, sind auch Sensationen auslösbar, die einem breitbandigen Rauschen entsprechen, und die ihre Qualität nur innerhalb eines begrenzten Frequenzgebietes ändern können. Dieses *elektroneurale Gehör* entsteht nach heutiger Ansicht durch direkte Reizung des Hirnnervs, während elektrophonische Effekte nur im vorgeschalteten Element der Haarzellen der Cochlea ihren Ursprung nehmen und an deren funktionelle Integrität gebunden sind. Die Tatsache, daß eine elektroneurale Empfindung auch bei Gehörlosen vorkommt, hat uns nach erfolgreichen Versuchen zweier amerikanischer Forscherteams ermutigt, erstmals in der Schweiz einem tauben Patienten ein Elektrodenpaar in die *Schnecke* (Cochlea) des Innenohres, dem dafür am besten geeigneten Ort, einzupflanzen.

\* Aus der Otorhinolaryngologischen Universitätsklinik (Direktor: Prof. Dr. U. Fisch) und dem Institut für Biomedizinische Technik der ETH Zürich und der Universität Zürich (Direktor: Prof. Dr. M. Anliker)

Aus: Mitteilungsblatt des Rektorats der Universität Zürich, 7/77.

Der 50jährige Mann erlaubte im Anschluß an eine Hirnhautentzündung im Kindesalter und war zur Verständigung vollständig auf Lippenlesen angewiesen. Das am 27. 1. 77 implantierte System besteht aus zwei konzentrischen bipolaren Platin-Semimikro-Elektroden, die gegen das umliegende Gewebe isoliert sind mit Ausnahme der bipolaren Spitze, die nach Eröffnung der Cochlea in die Schneckenwindel (Modiolus) der Basal- bzw. der Mittelwindung eingepflanzt wurde. Diese Elektroden sind von außen über ein Pyrolytbiokarbonhautfenster erreichbar, in welches vier Steckkontakte zu jedem differentiellen Elektrodenpol eingelassen sind (siehe Abbildung).



Das Hautfenster liegt hinter dem Ohr und ist von außen mit einem vierpoligen Stecker zugänglich. Da für die Reizkodierung verschiedene Arten der Signalverarbeitung erprobt werden mußten, wurde ein tragbares, batteriebetriebenes Gerät fertiggestellt. Das Ausgangssignal ist ein bipolarer, rechteckiger Puls, dessen Amplitude und Frequenz variiert werden kann. Die Tatsache, daß unser Patient bei geeigneter Reizung zwischen verschiedenen Frequenzen, Geräuschen und sogar Sprechern unterscheiden kann und auch den Rhythmus einer Melodie ohne weiteres erkennt, hat die Richtigkeit der Hypothese bestätigt, daß Gehörlosen durch elektrische Reize Hörempfindungen vermittelt werden können.

Bevor die damit gemachten Erfahrungen in Form eines verbesserten Elektroden-systems weiteren Gehörlosen zugute kommen, wird die Evaluation durch weitere Tests vervollständigt. Vorgesehen ist:

- eine vollständige Messung des psychophysikalischen Frequenz- und Intensitätsunterscheidungsvermögens,
- eine Ermittlung der optimalen Kodierungsform von gleichzeitig zwei oder mehreren Elektroden,
- eine Analyse der objektiven Reizantworten des Hirnes mittels Computer-Electric-Response-Audiometrie (ERA),
- eine Diskriminationsmessung mittels synthetischer Phoneme und mittels eines audiometrischen Satztests.

Diese Erfahrungen werden folgende, für die Zukunft dieses Projektes wichtige Fragen beantworten:

- Welche Elektrodenfiguration ist für die operative Einpflanzung in die Cochlea des Gehörlosen am geeignetsten? Welches ist die erforderliche Anzahl von Kanälen, um eine wenigstens rudimentäre Sprachunterscheidung zu ermöglichen? Welches sind die Orte in der Cochlea oder im Hörnerv, wo eine Elektrode ein Maximum an Information vermittelt?
- Wie läßt sich, ausgehend vom Bereich, in welchem Frequenzen und Intensitäten unterschieden werden können, Sprache in einer für den gehörlosen Hörer optimalen Form kodieren und auf verschiedene Elektrodenkanäle verteilen? Wie muß ein Testprogramm beschaffen sein, mit welchem der Patient die für ihn optimale Kodierung selbst aussuchen kann?
- Wie muß ein Lernprogramm aufgebaut sein, mit dem der Gehörlose sein noch untrainiertes Hörvermögen selbst üben kann und so ein neu gewonnenes Sinnesgebiet gebrauchen lernt?

Unser Rehabilitationsobjekt kam zustande dank mehrjähriger intensiver Zusammenarbeit zwischen der ORL-Klinik und dem Institut für Biomedizinische Technik (IBT) der ETH und der Universität Zürich. Die komplexen technischen Entwicklungen waren nur möglich dank der Unterstützung durch die ETH. Die weitere Zukunft dieses Projekts macht einen flexiblen Computer erforderlich. Zur Zeit finden die Evaluationsexperimente auf dem Time-Data-PDP 11-40-System des IBT statt, welches im Kantonsspital untergebracht ist. Die beschränkte zeitliche Verfügbarkeit und unzureichende räumliche Verhältnisse machten es erforderlich, den Schweizerischen Nationalfonds für unsere Unterstützung zu ersuchen, da nur ein Computersystem, das der Otologie voll zur Verfügung steht, die Zukunft eines derartigen Projektes garantieren kann.

#### Zusammenfassung

Bei einem Patienten, der bei bilateralem totalem Hörausfall und elektrisch noch auslösbaren Hörempfindungen zu einem operativen Eingriff motiviert war, wurde der Versuch unternommen, mit zwei bipolaren konzentrischen Platin-Elektroden den Hörnerv direkt elektrisch zu stimulieren. Die eine Elektrode wurde in die Basal-, die andere in die Mittelwindung der Cochlea implantiert. Durch ein Pyrolit-Biocarbon-Hautfenster wird eine elektrische Steckverbindung zu einem tragbaren externen Reizgerät hergestellt. Darin werden die durch ein Mikrofon aufgenommenen Signale verstärkt und entsprechend einer durch Modellsimulationen physiologischer Daten bestimmten Übertragungsfunktion in Stromimpulse umgewandelt.

Zahlreiche psychoelektrische Hörtests, Reaktionszeit- und ERA-Messungen sollen darüber Aufschluß geben, welche Elektrodenkonfiguration für die Einpflanzung in den Hörnerv des Gehörlosen am geeignetsten ist, und wie Sprache in optimaler Form kodiert werden kann. Die Tatsache, daß unser Patient bei geeigneter Reizung zwischen verschiedenen Frequenzen, Geräuschen und sogar Sprechern unterscheiden kann und auch den Rhythmus einer Melodie ohne weiteres erkennt, hat die Richtigkeit der Hypothese bestätigt, daß Gehörlosen durch elektrische Reizung Hörempfindungen vermittelt werden können.

#### Literatur

- Bilger, R. C. et al.: Evaluation of Subjects Fitted with Implanted Auditory Protheses, *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, Suppl. 38, Vol. 86, No. 3, Part 2 (1977)
- Brackmann, D. E.: The Cochlear Implant: Basic Principles, *Laryngoscope* 86, Vol. 3: 373—388 (1976)
- Chouard, C. H., MacLeod, P. M.: Implantation of Multiple Intracochlear Electrodes for Rehabilitation of Total Deafness: Preliminary Report, *Laryngoscope* 86: 1743—1751 (1976)
- Dillier, N., Spillmann, T.: Elektrische Stimulation des Gehörs beim Menschen: Übersicht über den aktuellen Stand der Entwicklung einer implantierbaren Prothese für sensorisch-neurale Taubheit, *HNO*, 26, Springer, 1978, 77—84
- House, W. F.: Cochlear Implants, *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.* 85, Suppl. 27: 1—93 (1976)
- Kiang, N. Y. S., Moxon, E. C.: Physiological Considerations in Artificial Stimulation of the Inner Ear, *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.* 81: 714—730 (1972)
- Simmons, F. B.: Electrical Stimulation of the Auditory Nerve in Man, *Arch. Otolaryngol.* 84: 22—76 (1966)

#### Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. med. Ugo Fisch  
 Dr. med. Thomas Spillmann, Oberarzt  
 Dr.-Ing. Robert Dillier  
 Rämistr. 100  
 CH-8091 Zürich