

Chips im Kopf Der »verdrahtete Mensch« ist längst unter uns

Sammler, aufgepasst: Es gibt eine neue Gelegenheit für Science-Fiction-Nostalgie. Die Ära des Cyberpunk ist abgeschlossen. Was William Gibson mit seiner genialen Verschmelzung von Hackerszene, Punk-Subkultur und visionärer Verlängerung aktueller Sozialkritik in die Zukunft schuf, hat sich als prophetisch erwiesen. Der Kultroman »Neuromancer« (1985), der Erzählband »Cyberspace« (1986), der ebenso namensgebend für ein literarisches Genre wie für die Industrie der Virtual Reality (VR) Simulationen wurde, der Roman »Mona Lisa Overdrive« (1988), der die Welt des Cyberspace mit dem magischen Zauber des Voodoo-Kultes verband: All das mutet heute wie eine Reihe von Reportagen oder Tatsachenberichten an.

Wenn sogar Menschen von erwiesenermaßen lausigem Technik-Verständnis fast täglich im Internet surfen, wenn VR inzwischen zur medizinischen Grundausbildung gehört, weil elektronisch simulierte Fehlschnitte in der endoskopischen Chirurgie Patienten und Kliniken billiger wegkommen lassen, wenn wir jede Woche von schwarzen Messen (auch amateurhaften) auf irgendwelchen Friedhöfen in der Zeitung lesen – muss man dann noch beweisen, dass wir längst haben, was wagemutige Utopie war, als Gibson darüber schrieb? Bruce Sterling, mit seinem Roman »Schismatrix« 1985 an der Begründung der postmodernen Cyberpunk-Literatur heftig mitbeteiligt, sagte schon vor Jahren bei einem Workshop an der Berliner Akademie der Künste: »Für mich als Autor ist der Cyberpunk am Ende. Denn wo alles möglich ist – und das ist es im Cyberpunk – bleibt kein Raum mehr für die Phantasie«.

Nicht nur im Cyberpunk ist alles möglich. Infrarot-Sehen, Ultraschall-Hören, zehnfach schnellere Nervenreflexe, ein Computergedächtnis und künstlich verstärkte Muskelkraft: Der »Chiphead«

oder der »verdrahtete Mensch« war bis vor zehn Jahren nur ein reines Phantasieprodukt von SF-Autoren; inzwischen laufen aber wirklich schon Menschen mit einem Chip im Kopf herum – und gar nicht so wenige. Bundes-Forschungsminister Jürgen Rüttgers sprach im November 1996 bei der Verleihung von Preisen an Wissenschaftler aus Südwestdeutschland von einem »Boom der Biotechnologie in Deutschland«. Gemeint war ausdrücklich die Kombination von Medizin, Genforschung, Mikrosystemtechnik, Elektronik und Ingenieurwissenschaften. Tatsächlich hat die Medizin längst begonnen, »defekte Menschen« mit elektronischen Bauteilen zu verbessern. Mit Hardware- oder Biotech-Ersatzteilen können wir vermutlich auch schon älter werden: Weltweit basteln Hunderte von Forschergruppen nicht ohne Erfolge an der Entschlüsselung der Altersuhr und der Verlängerung ihrer Laufzeit (Stichworte: Melatonin- und Telomeren-Therapie).

Der Weg von der Krücke zum Holzbein war weit; weiter noch war es bis zur Entwicklung einer mechanischen Roboterhand oder gar zu künstlichen Implantaten, also Maschinen, die etwa den Herzschlag durch elektrische Reize stabilisieren oder das lebenswichtige, blutzuckerregelnde Hormon Insulin genau dosiert dem Kreislauf von Diabetikern zuführen. Waren diese ersten Schritte dem Sprung des Menschen auf den Mond oder auf den Mars vergleichbar, so hat die Medizin jetzt das Sonnensystem verlassen und die Reise in die nächste Galaxie angetreten: intelligente Miniatur-Implantate schenken Tauben das Gehör und sollen Blinde wieder sehend machen.

An der Hals-Nasen-Ohren-Klinik der Medizinischen Hochschule Hannover wurden bereits über 1000 »Cochlea-Implantate« eingesetzt; die winzigen Computer lassen Taube hören. Das geht so: Der

Chirurg öffnet hinter dem Ohr des Patienten die Schädelhaut, fräst eine Vertiefung von der Größe eines Zweieurostücks in den Knochen und bohrt ein winziges Loch zum Innenohr hin. Dann öffnet er die Gehörschnecke, im Mediziner-Latein »Cochlea«, und schiebt ein dünnes Kabel, das aus einer kleinen flachen Kapsel voller Elektronik ragt, bis zum Hörnerv. Nun befestigt er die Kapsel in der ausgefrästen Mulde und schließt die Wunde. Das Ganze dauert nur selten mehr als etwa anderthalb Stunden.

Wenn der Patient sich erholt hat, bekommt er ein kleines Kästchen mit einem Sprachprozessor, das er am Gürtel trägt. Das Gerät wandelt die Schallwellen aus einem eingebaute Mikrophon, das die Umgebungsgeräusche aufnimmt, in elektrische Impulse um, die über ein Kabel zu einer Sendespule hinterm Ohr des Patienten laufen. Von da wird die Signalfolge an die kleine Kapsel im Kopf gesendet. Dort sitzt ein Mikro-Computer, der die Stromimpulse über 22 feinste Elektroden in die Gehörschnecke weiterleitet und den Hörnerv reizt. Im Cochlea-Implantat-Zentrum der Kinderheilanstalt Hannover beginnt dann zum Beispiel ein jahrelanges Training für gehörlos geborene Kinder, die abwechselnd mit ihren Eltern für einige Wochen hier von Spezialisten geschult werden und dann zu Hause weiterlernen – Hören und Sprechen. Über die Zuordnung von Bildern und Geräuschfolgen wird erst das systematische Verstehen des Gehörten und dann auch das Sprechen gelernt. Betreuer sind neben den Eltern linguistisch, psychologisch und medizinisch geschulte Therapeuten.

Die zehnjährige Dorothee wurde taub geboren. Sie steht mit ihrem Vater vor einem Modell der Gehörschnecke und bestaunt die Technik, die ihr die Welt öffnet. Dann kommt die Therapeutin, alle setzen sich an einen Tisch und beginnen ein Spiel: Auf dem Tisch liegt ein Bild mit vielen Szenen aus dem täglichen Leben und reihum zieht jeder ein einzelnes Bildchen aus einem Beutel, hält es ver-

deckt und beschreibt in Andeutungen, um was es sich handelt. Die anderen müssen raten. Besonders schwierig sind abstrakte Begriffe wie etwa eine Ortsbestimmung, also oben, unten, rechts und links. Aber mit dem Chip im Kopf kann Dorothee im Lauf der Zeit die Behinderung beinahe vollständig überwinden.

Bodo Bertram, der leitende Pädagoge, berichtet aus seinen Erfahrungen: »Das Cochlear Implant kommt für solche Kinder in Frage, die trotz modernster Hörgeräte aufgrund ihres Hörschädigungs-Musters keinerlei Gewinn für die auditive Sprachperzeption haben, das heißt: Sie sind nicht in der Lage, mittels Hörgerät Lautsprache zu verstehen. Und in diesen Fällen ist das »Cochlear Implant« eine Möglichkeit, diesem Kind den Weg zu öffnen, Lautsprache wahrzunehmen und zu verstehen.« Man muss bedenken, dass auch ein normal hörendes Kind ein- zwei Jahre braucht, ehe es zu sprechen beginnt. Ein taubgeborenes Kind beginnt mit dem Hören relativ spät und setzt natürlich auch mit der Sprachentwicklung sehr spät ein. Das heißt also, da ist etwas mehr Zeit einzukalkulieren als bei einem normal hörenden Kind.

Jemand, der ertaubt ist, wird sehr verwundert sein, was er mit Hilfe des Chips hört. Die Ärzte beschreiben das, was sie von den Patienten wissen, als »irgendwie verfremdet, wie Computersprache oder so«. Es bedarf einer angemessenen Zeit, bis sich das Gehör angepaßt hat und jemand, der schon einmal gehört hat, diese Geräusche als »normal« beschreibt. Für das taub geborene Kind ist das weniger von Bedeutung. Denn es hat keine Hör-Erfahrung. Bertram: »Es wächst quasi mit diesen künstlichen Hör-Eindrücken auf und das Gehirn wird sie als normal empfinden. Wir haben sogar taub geborene Kinder, die zum Beispiel einen astreinen Dialekt sprechen, Bayerisch oder Österreichisch.«

Wie arbeitet der Chip im Schädelknochen? Wie schafft er es, dass der Hörnerv, den keine Schallwellen mehr erreichen, seine Signale erkennt?

Was hört der Patient mit Hilfe des Implantates – oder sollte man genauer fragen, wie er hört? Prof. Rolf-Dieter Battmer von der Medizinischen Hochschule Hannover, der »Ingenieur« des Implantates, beschreibt die Schwierigkeiten, diesen Vorgang durch Simulationen für Hörende nachvollziehbar zu machen: »Es ist eigentlich fast unmöglich, das Hören über ein Cochlear-Implant zu simulieren. Das liegt einfach daran, dass es so komplex ist. Deshalb haben wir eine Annäherung versucht, indem wir verschiedene Tongeneratoren nahmen. Und die haben wir mit verschiedenen Frequenz-Amplituden angesteuert, um das Ganze zusammenzumischen. Das klingt zunächst recht wirr und sicher entspricht es auch nicht dem, was die Patienten tatsächlich hören. Wenn wir Patienten fragen, die erst relativ kurze Zeit taub sind und die noch eine Erinnerung an das Hören haben, sagen die zum Beispiel: Ja, Grob gesagt: es klingt wie eine Computerstimme, aber nicht so eintönig, sondern etwas modulierter, also in dieser Richtung. Irgendwie künstlich, aber eben doch als Sprache zu verstehen.«

Der Mini-Computer im Kopf bekommt die benötigte Energie über den Sprachprozessor, in dem eine Batterie steckt. Und diese Energie wird induktiv von Spule zu Spule drahtlos durch die Haut zum Implantat übertragen. Das Implantat selbst enthält also keine Batterie und braucht keine eigene Energiequelle. Erst wenn wir besser verstehen, wie das Gehör beim Gesunden funktioniert, sind solche Ansatzpunkte für technische Hilfen wirklich erkennbar:

Schallwellen treffen auf das empfindliche Trommelfell im Innenohr, das vibriert. Seine Schwingungen werden von winzigen, beweglichen Gehörknöchelchen in der sogenannten Paukenhöhle des Mittelohrs und der Verengung des Gehörganges verstärkt. Hinter einer Membran, die dem Druckausgleich dient, sitzt schließlich im Innenohr das eigentliche Hörorgan, die Schnecke. In deren Hohlräumen, die aus dünnen

Knochen und Häutchen bestehen, stellt das sogenannte Corti-Organ die eigentliche Schallübertragung an den Hörnerv her. Hier befinden sich rund 20 000 Sinneszellen mit feinsten Härchen, die durch eine schwingende Bewegung der Membran, auf der sie sitzen, gereizt werden zu jenem Kitzel im Ohr, den wir Hören nennen.

Taubheit kann sehr verschiedene Ursachen haben. Und einige dieser Ursachen kann das Cochlea-Implantat umgehen, andere nicht. Der Chip im Kopf kann keine Wunder wirken. Aber für jemanden, der sein Gehör schon verloren hatte, scheint es so. Welche Fälle sind hoffnungslos, welche hoffnungsvoll? Der Hals-Nasen-Ohrenarzt Prof. Thomas Lenarz, der erfahrenste Chirurg von Cochlea-Implantaten in ganz Europa, gibt taub geborenen Kindern die besten Chancen, »denn das Cochlea-Implantat führt bei diesen Kindern dazu, dass sie praktisch Sprache normal erlernen können, wenn auch etwas verzögert, aber doch so, dass dies im Prinzip möglich ist. Und damit kann Taubstummheit als Folge dieses Nicht-Hörens im Kindesalter weitgehend vermieden werden.«

Lenarz' Vorgänger Prof. Lehnhardt hat das erste, aus Australien stammende Implantat 1984 an der HNO-Klinik der Medizinischen Hochschule Hannover eingesetzt – zunächst bei erwachsenen Patienten, die früher schon einmal gehört hatten. Im Lauf der Jahre erweiterte sich dann die Zahl der Patienten, aber auch die Auswahl der Empfänger änderte sich. Zunehmend wurden Patienten implantiert, die noch ein geringe Rest-Hörvermögen hatten. Die wesentliche Erweiterung ergab sich aber durch den Einsatz bei Kindern, also bei Menschen, die in ihrem Leben noch nie gehört hatten oder aber bei denen das Gehör innerhalb der ersten Lebensjahre wiederum durch verschiedene Krankheiten verlorengegangen war. Bei diesen Kindern wurde die erste Implantation 1987 durchgeführt. Bei steigenden Zahlen und positiven Erfahrungen wurde dann auch schnell klar, dass Kinder zu den geeignetsten Kandidaten gehören.

Cochlea-Implantate bedeuten nicht nur einen menschlichen Fortschritt, sondern auch eine gewaltige finanzielle Entlastung des sozialen Netzes. Dennoch musste der Arzt Lenarz zunächst betteln gehen und viel um Verständnis werben, um die Operationen selbst und dann die Betreuung auf die Beine zu stellen. Als er mit den Operationen anfang, wußte niemand: »Wie lange dauert es denn, bis man bei Kindern überhaupt einen Lernerfolg beweisen kann? Offen war auch die Frage, wie man überhaupt an die Kinder herankommt. Das ist ja abhängig vom Alter. Ein Kind, das sechs Jahre alt ist, das kann man sicherlich anders angehen als ein zweijähriges oder ein einjähriges Kind.« So entstand erst im Lauf der Zeit ein Konzept, das in der Therapie mehr und mehr verfeinert wurde.

Dabei spielte auch die Breite der therapeutischen Angebote nach der Implantation eine große Rolle – es geht ja nicht nur darum, dem Kind das Hören beizubringen, sondern das Hören muss ja mit Bedeutung versehen werden. Und dazu gehört das Einbeziehen des ganzen Körpers: Bewegung, Sehen, Tasten, Riechen. All diese verschiedenen Sinneserlebnisse sind Elemente, die letzten Endes das Hören erst lebendig und bedeutungsvoll machen, und sie alle muss das Kind neu lernen, damit das Hören und schließlich auch das aktive Sprechen seinen Platz in der Wahrnehmung und in einer vollwertigen Kommunikation findet.

Bedrückt wirken die fortschrittsgläubigen Mediziner bei der Frage, wie es in den Familien der Kinder mit Cochlea-Implantat aussieht. Oft sind nämlich schon die Eltern gehörlos und oft wollen sie nicht zulassen, dass ihr Kind hören lernt! Für sie ist Gehörlosigkeit normal. Gehörlosenverbände reklamieren sie wie die Zeichensprache sogar als Teil einer kulturellen Eigenständigkeit, so wie Behinderte allgemein als vollwertige Menschen ihre Rechte einklagen. Lernt nun ein gehörloses Kind hören, treibt das Implantat (oder die Fähigkeit, die es vermittelt), einen Keil zwischen Kinder und gehörlose Eltern. Man mag das grausam

finden, aber es gehört zur Technologiefolgenabschätzung, solchen Fragen nicht auszuweichen. Ein Rezept dafür kann es an dieser Stelle nicht geben. Eines aber ist sicher: In der kleinen Gemeinde der Gehörlosen hat das Implantat die Welt, auch die Gruppenwelt, jetzt schon gehörig verändert.

Cochlea-Implantate sitzen zwar im Kopf, aber im Schädelknochen unmittelbar an dem Organ, dem sie wieder auf die Sprünge helfen. Direkt ins Gehirn gepflanzt werden aber in Hannover auch schon Stammhirn-Implantate, die geschädigte Hörnerv-Verbindungen am Hirnstamm nach einem Unfall oder bei Tumorschäden wieder herstellen. Das Verfahren befindet sich erst in der klinischen Erprobung und auch die Zahl der Patienten, für die es in Frage kommt, ist kleiner. Grundsätzlich aber setzt der Chip im Gehirn Vorstellungen frei, wie sie z. B. George Alec Effinger mit seinen »Moddys« (Persönlichkeits-Modifizierer) und »Daddys« (Daten-Add-On) zur Erzeugung EDV-induzierter Schizophrenie oder der Aneignung von gespeichertem Wissen und Kenntnissen via Direkt-Input ins Gehirn beschreibt. Der elektronische Nürnberger Trichter ist zwar kein medizinisches Anwendungsziel, doch die Technik dafür gibt es bereits! Wie »normal« wird es in Zukunft sein, sich medizinisch »aufrüsten« zu lassen?

Künstliche Sinneswahrnehmung scheint da doch einen greifbaren Nutzen zu haben, zumindest aus Sicht der Mediziner. Beispiel zwei: In den Instituten für Mikroelektronik und physikalische Elektronik an der Universität Stuttgart, der Augenklinik Tübingen und des naturwissenschaftlich-medizinischen Institut Reutlingen (NMI) läuft ein Forschungsprojekt zur Entwicklung mikrotechnischer Netzhaut-Implantate, die Blinde wieder sehend machen sollen. Dabei regen Photodioden die Nervenzellen hinter der Netzhaut dazu an, trotz geschädigter Netzhaut das

Gehirn mit Bildern zu versorgen. Koordiniert werden die Spezialisten verschiedener Hochschulen und Fakultäten von dem Biologen Hugo Hämmerle in Reutlingen. Er spannt Dünnschicht-Halbleiterleute, Mikroelektroniker, Mediziner, Biologen, Biophysiker und andere Spezialisten vor den Karren des gemeinsamen Projektes: »Wir wollen ein Produkt, das blinden Menschen hilft, irgendwann wieder sehen zu können.«

Dabei sind handfeste Probleme zu lösen. Zum einen muss das Abwehrsystem oder die Abwehr dieser Zellen vermindert werden, die den Chip abstoßen wollen. Zum anderen muss aber auch der Chip vor der aggressiven Körperflüssigkeit geschützt werden. Die Körperflüssigkeit hat grob gesagt etwa eine Zusammensetzung wie das Meerwasser. Und jeder weiß, dass die meisten Materialien in einer derartigen Flüssigkeit korrodieren. Hämmerle: »Deshalb müssen und können wir nur auf edelste Materialien zurückgreifen wie Gold, Iridium, Titan und Siliziumoxid, das sich an der Oberfläche ähnlich wie Glas verhält.«

Hämmerles Institut, abgekürzt im Fachjargon der Wissenschaft NMI genannt und unter diesem Kürzel eine Größe für die Scientific Community im globalen Dorf zwischen Internet und diversen Fachtagungen, hätte uns früher wie eine Hexenküche angemutet. Hier gibt es tatsächlich Labors, in denen Zellkulturen mit Nervenzellen aus den Augen von Hühnern und Kaninchen, demnächst aber wohl auch denen von Menschen, mit Netzhaut-Chips von der Universität Stuttgart zusammenwachsen. Diese künstlichen Fotodioden oder Fotozellen stimulieren die Sehnerven mit elektrischen Impulsen, die mit denjenigen identisch sein müssen, die unsere Seh-Information koordinieren. Nur tun sie es anstelle abgestorbener lichtempfindlicher Stäbchen und Zäpfchen auf der erkrankten Netzhaut.

Hoffnung für Millionen langsam erblindender Menschen mit erblichen oder altersbedingten Netzhaut-Schäden? Prof. Eberhard Zrenner von der Augenklinik Tübingen II, der wissenschaftliche

Leiter des Projekts, gibt sich bescheiden: »Wir sind noch ganz am Anfang. Wir haben den Chip in unserem Konsortium entwickelt, d. h. die Kollegen in Stuttgart. Wir haben ihn getestet, wir haben ihn bei Ratten ins Auge eingepflanzt, auch bei Kaninchen und Schweinen. Wir haben ihn monatelang beobachtet, wir haben elektrische Antworten von diesem Chip vom Auge abgeleitet; also wir wissen, prinzipiell antwortet der im Auge und kann Neuronen reizen. Wir haben die Zellverträglichkeit und die Langzeit-Kompatibilität und Bio-Kompatibilität geprüft. Aber das sind alles Zeiträume von Wochen. Unsere Patienten möchten, und wir möchten das natürlich auch, über Jahre hinweg so sehen können wie die Nutznießer der modernen Linsen Chirurgie, bei der man die Linse auswechselt gegen eine Kunststofflinse, und die hält dann mindestens 15 oder 20 Jahre.«

Geprüft werden noch die immunologischen Reaktionen, die Abstoßungsreaktionen des Körpers auf einen solchen Fremdkörper. Untersucht wird auch, ob unter den verwendeten Materialien nicht vielleicht krebszerzeugende Substanzen sind, und das wird sicher noch einige Zeit dauern. Doch der Grund, das Motiv dafür, warum Zrenner und die anderen beteiligten Wissenschaftler sich mit ihrer ganzen Energie in das Projekt stürzen, ist die Überzeugung, dass es sich technisch und biologisch lohnt, jetzt viele Wissenschaftler-Mannjahre zu investieren, um zu versuchen, einen solchen Ersatz für zugrundegegangene Lichtempfänger im Auge zu finden.

Die Voraussetzungen sind da. Die technischen Bestandteile, das neurobiologische Wissen und die Operationstechniken dafür existieren. Zrenner: »Wir können alle diese einzelnen Dinge machen: Technik im Nanobereich, Prüfung der Lebensfähigkeit von Zellen in der Biologie. Wir können die Chips in die Netzhaut, in diesen subretinalen Raum, hineinpflanzen. Das geht alles. Eigentlich sind wir an der Stelle, wo die Mondfahrt vielleicht vor 20 Jahren war: Das Aluminium war erfunden. Man konnte Raketenantriebe bau-

en. Man hatte die Funkstrecken, um so etwas auch über weite Entfernungen hinweg leiten zu können. Das heißt, diese Bausteine mussten dann nur noch nach einem zielgerichteten Plan zusammengebaut werden.«

Nachdem er die Bausteine in Händen hält, glaubt Zrenner an eine echte Chance: »Unsere Hoffnung ist, dass wir einen einsatzfähigen Prototypen, vielleicht für eine Einzelperson, in einigen Jahren am Abschluss dieser jetzigen Förderungsperiode haben werden.«

Die Verbindung zwischen Natur und Technik, Chip und Nerven, sind beim Auge besonders kompliziert. Es gibt keine knöcherne Hörschnecke, an der Kontakte gut zu befestigen sind, und bei Licht ist die Zahl der ankommenden Signale, die verarbeitet werden müssen, um ein Vielfaches höher. Das natürliche Gewebe ist »feiner gestrickt« als die Technik. Kann man Nervengewebe dafür passend züchten? Der kritische Punkt für Zrenner ist die Frage: Wie kann man – vereinfacht gesagt – den Stecker bzw. einen zuverlässigen Kontakt herstellen zwischen einem winzigen elektronischen Bauteil, das nur 20 My groß ist und einer Nervenzelle, die vielleicht auch nur drei bis fünf My oder zehn Mikrometer groß ist?

Dazu müssen zunächst diese beiden – Elektrode des Chips und Zelle in der Netzhaut – ganz nahe aneinander gebracht werden. Dafür sind bestimmte Voraussetzungen in der Operationstechnik zu erfüllen. Gerade im subretinalen Raum, in der mit Flüssigkeit gefüllten Schicht zwischen Glaskörper und Netzhaut, sind diese Voraussetzungen eigentlich sehr gut. Schon die Implantate bei Kaninchen haben zwei Jahre in der Netzhaut gehalten. Doch Die Ärzte stellten fest, dass die Netzhaut bei den ersten Chips degeneriert, weil bestimmte Nährstoffe durch den Chip, der dazwischen gelegt ist, nicht mehr an die noch intakten Netzhautteile herankamen. Zrenner: »Also mussten wir den Chip durchlässig machen. Wir prüfen: Mögen die Zellen überhaupt Elektro-

den? Wandern die da hin oder scheuen die das eher, weil da zum Beispiel Metalle da sind, die das Zellwachstum nicht gerade fördern. Wir »säen« also gezüchtete Netzhautzellen auf den Chip selbst oder auch auf Materialien dieser Chips auf und beobachten, wie die Zellen sich entwickeln, wo und wie häufig sie Fortsätze bilden. Damit prüfen wir die verschiedensten Beschichtungen, die den Übergang zwischen Technik einerseits und Biologie andererseits erleichtern.«

Es ist überhaupt ein Wunder, wie im menschlichen Körper Zellen ihr Ziel finden, wie eine Nervenzelle in der Netzhaut bei einem Embryo wirklich eine Faser genau in die Sehrinde an der Großhirnrinde schickt. Verantwortlich dafür sind »Zielfindungsmoleküle« und die sind bei Neurologen und Zellbiologen sehr wohl bekannt. Jetzt gehen sie daran, sie gezielt einsetzen, um ein technisches Produkt für eine Zelle »attraktiv« zu machen.

Die Entwicklung vom Hörrohr zum Hör-Chip ist ebenso atemberaubend wie die von der Brille zum Netzhaut-Chip. Möglicherweise entstehen bald bio-elektronische Prothesen, die besser sind als das Original. Wird aus Medizin Aufrüstung, die sich nur noch wenige leisten können und die nicht nur zur Heilung eingesetzt wird, sondern um anderen überlegen zu sein? Es gehört nicht besonders viel Phantasie dazu, sich solche Anwendungen in der Wissenschaft vorzustellen, beim Militär oder auch ganz einfach, um Geld zu machen.

Könnten wir zum Beispiel, ausgestattet mit einem Gehör-Chip, auch die hohen und tiefen Frequenzen der Fledermaus- und Elefantensprache hören? Prof. Battmer von der Medizinischen Hochschule Hannover meint, theoretisch ja, schränkt aber ein: »Man muss es ja auch verarbeiten können. Und ich glaube, darin liegt die Schwierigkeit. Wir imitieren sozusagen das Gehör jetzt mit etwa 20 Kanälen, was sonst rund 40-50 000 Nervenfasern oder Haarzellen machen. Wenn

wir den Eingang noch erweitern, dann müssten wir also auch den Eingang zum Nerven hin erweitern, das heißt, wir müssten auch die Zahl der Kanäle ausdehnen, um das wirklich vernünftig verarbeiten zu können.«

Battmers Kollege Lenarz warnt jedoch angesichts knapper Kassen im Sozial- und Gesundheitswesen vor einer Zweiklassen-Medizin: »Wir befürchten das jetzt schon. Es wird sicherlich eine schärfere Fassung der Indikationskriterien geben und man wird auch formale Kriterien anwenden. Zum Beispiel Altersgrenzen. Oder bestimmte Voraussetzungen müssen erfüllt sein, also eine bestimmte Leistungsfähigkeit des Patienten, und wenn das nicht gegeben ist, dann wird man ihm eventuell das Implantat über den Kassenweg verwehren.« Da wird die technische Utopie schon zum politischen Alptraum. Diese Nachbarschaft ist immer gegeben, und sie ist gefährlich.

Bei Tierversuchen in Amerika wurden eingeseetzte Netzhaut-Chips im Infrarotbereich getestet, um Einflüsse von natürlichem, für uns sichtbarem Licht auszuschließen. Grundsätzlich ließe sich also auch das Sehvermögen um den Infrarotbereich erweitern. Professor Zrenner in Tübingen findet diesen Gedanken durchaus interessant, da ja das menschliche Auge aus dem Strahlungsspektrum der Sonne nur einen bestimmten Teil herausnimmt, den wir Licht nennen: »In der Tat ist dieser Chip, wenn man ihn nicht mit einem Filter versieht, infrarotempfindlich. Das heißt, es könnte sich ein Patient durchaus an Wärmequellen orientieren. Er kann also auch die Dampfheizung sehen oder andere Wärmequellen. Das läßt sich, wenn es stören würde, leicht beheben, indem man das Infrarotlicht ausfiltert und den Chip genauso empfindlich macht wie die normalen Fotorezeptoren für sichtbares Licht. Das ist technisch lösbar. Aber es könnte auch eine Hilfe sein, im Infrarotbereich solche Strahlung zu sehen, von der wir ja umgeben sind. Auch Menschen strahlen ja Wärme und Infrarotstrahlung aus. Das wäre tatsächlich eine Erweiterung des Spektrums.«

Nur hat die Natur wahrscheinlich mit gutem Grund unsere Lichtempfindlichkeit so gestaltet, dass wir Infrarot nicht sehen, weil das natürlich zum Teil auch sehr verwirrend ist, wenn Wärme, die ja eine andere Qualität der sinnlichen Wahrnehmung bedeutet, mit der Qualität »Sehen« vermischt wird. Nachdenklich macht so etwas dennoch. Die Erfahrung lehrt leider: ist eine Technik erst einmal da, dann kann sie auch mißbraucht werden – von jedem, der dafür zahlen will. Wenn also der Netzhaut-Chip ein Erfolg wird, könnte man auch Attentätern ein Infrarot-Nachtsichtgerät einbauen und die Polizei aufrüsten? Zrenner hält das für ausgeschlossen, denn was die Natur in Millionen von Jahren entwickelt hat »zu einem wunderbaren Apparat der Fotorezeption, der ganz fein abgestimmt ist auf unsere Umgebungshelligkeit, auf das, was hier auf unserem Planet Erde ist, das können wir nicht in 10 und 20 und 30 Jahren technisch umbauen in die Möglichkeit, dem Menschen ein Nachtsichtgerät ins Auge zu pflanzen.«

Wir haben im Auge 110 Millionen Fotoempfänger. Die sind in einem unglaublich komplexen biologischen Netzwerk zu einem biologischen Computer so verschaltet, dass eine Million Fasern zum Gehirn ziehen und diese Informationen ganz komprimiert (von 100 Millionen auf 1 Million) weiterleiten. Diese Informationsdichte, die wir für eine optimale Sehschärfe brauchen, mit der man wirklich in der Ferne sehen kann, dass sich Blätter an einem Baum bewegen, schafft (noch) kein Chip. Real möglich ist vielleicht der Schemen eines Bildes; das reicht, um sich an einem Fensterkreuz zu orientieren, oder vielleicht auch, zu sehen, dass eine Gestalt auf mich zukommt, und in der Nähe mag es mit Hilfe des Netzhaut-Chips möglich sein, grob Gesichter und Personen zu erkennen. Zum Lesen werden ganz sicher noch zusätzliche Hilfsmittel wie eine Lupe nötig sein. Zur Zeit ist ein Sehen, wie es die Natur entwickelt hat, mit technischen Mitteln nicht zu erreichen.

Chips im Kopf können sicher zunehmend Behinderungen beheben. Wenn ein Implantat, das die Krankenkasse vielleicht 30 000 Euro kostet, einen Pflegefall verhindert, der Hunderttausende oder Millionen verschlingt, dann ist es auch wirtschaftlich. Zrenner glaubt zwar nicht, dass jemals für jeden der rund 250 000 Sehbehinderten und 17 000 Blinden, die jedes Jahr neu in die Krankenstatistik kommen, ein Implantat geben kann, hat aber keine Angst, dass es eines Tages heißt: Patienten über dreißig bekommen keinen Netzhaut-Chip mehr. Für die Rehabilitation Sehbehinderter allein wird in Deutschland jedes Jahr eine halbe Milliarde Euro ausgegeben: »Da geht es um die Rente, natürlich um Arbeitslosengeld, aber auch Blindenhilfe, da geht es um die zusätzlichen Kosten, die im Haushalt anfallen. Wenn wir jetzt einen kleinen Teil dieser Mittel ver-

wenden, damit vielleicht ein Teil dieser Menschen wieder in den Arbeitsprozeß hineinfließt und nicht mehr pflegebedürftig ist, haben wir unterm Strich auch Kosten für die Gemeinschaft gespart.«

Die Kombination gezielter gemeinsamer Forschung von Medizin, Genetik, Mikrosystemtechnik, Elektronik und Ingenieurwissenschaften wird uns nach dem Hör-Chip bald auch den Netzhaut-Chip bringen, so viel scheint sicher. Umso wichtiger ist, dass wir auch lernen, als Gesellschaft damit umzugehen. Wenn Utopien wahr werden, dann weil wir alle ein Interesse daran haben. Chips im Kopf sind also weder Teufelszeug noch etwas für verspielte Wissenschaftler, sondern ein Stück medizinischer und technischer Fortschritt. Ob die politische Reife und die ökonomische Entwicklung der globalen Gesellschaft ihm gewachsen ist, könnte nicht einmal Stanislav Lem sagen.