

Der Klang des Lichts

Medizin Mit Innenohrprothesen können Gehörlose Sprache verstehen, Musik aber klingt oft blechern. Nun entwickeln Forscher Implantate, die dem natürlichen Hören näherkommen sollen.

Wie sieht Musik aus? Wie fühlt sie sich an? Wer Mitte Februar jenes Konzert besuchte, das junge Künstler und Wissenschaftler an der Medizinischen Hochschule Hannover (MHH) aufführten, der konnte Klänge sehen und Schallwellen spüren.

Bei der Komposition „New Soundscapes“ entstand auf der Leinwand zu sphärischen Klängen von Harfe und Kontrabass ein Feuerwerk aus Licht. Je lauter die Töne, desto intensiver die Farben. Das Akkordeonstück „Slicing“ bestand nur aus Rausch- und Knackgeräuschen. Bei der Komposition „Luft“ hielten die Zuhörer Ballons in den Händen – um so die Vibration der Musik zu fühlen.

„Klang wird auf verschiedene Arten wahrgenommen, von denen das Hören die wichtigste ist, aber nicht die einzige“, sagt Waldo Nogueira vom Hörzentrum der MHH. „Bei manchen Stücken haben wir

bewusst auf Melodien und Harmonien verzichtet, damit sich nicht ein Teil des Publikums ausgegrenzt fühlt.“ Denn für viele Besucher des Konzerts „musiC 2.0“ klangen Melodien eben nicht melodios. Sie trugen sogenannte Cochlea-Implantate (CI), elektrische Hörprothesen, bei denen ein mit winzigen Elektroden bestücktes Band die Sinneszellen in der Hörschnecke (Cochlea) ersetzt; der Schall wird in elektrische Impulse umgewandelt und über Nervenbahnen zum Gehirn geleitet (siehe Grafik).

Rund 40 000 gehörlose oder stark schwerhörige Deutsche haben bereits solche Neuroprothesen. Viele von ihnen verstehen Sprache, ohne von den Lippen ablesen zu müssen. Kinder, die gehörlos zur Welt kommen und ihre künstlichen Höreindrücke nicht mit Erinnerungen abgleichen können, lernen mithilfe ihrer CIs meist sprechen – vor allem wenn sie das Implantat früh eingesetzt bekommen.

Die Welt der Musik jedoch ist für CI-Träger schwer zugänglich. Zu begrenzt sind die Möglichkeiten des Ersatzgehörs, den komplexen Kosmos aus Melodien und Harmonien, Rhythmen und Klängen, lauten und leisen Tönen abzubilden.

Das intakte Gehör verfügt über rund 3500 innere Haarzellen, die Schall in Nervenimpulse umwandeln. Beim CI müssen ein bis zwei Dutzend Elektroden genügen, um sämtliche Höreindrücke wiederzugeben. Die Zahl der sinnvoll einsetzbaren Kontakte wird von einem physikalischen Effekt begrenzt: Von jeder Elektrode breitet sich der Strom weit aus, das schränkt die Auflösung ein. Ein Impuls regt dann nicht nur die Nervenzellen am Sitz der Elektrode an, sondern immer auch die in ihrer Nachbarschaft – die bereits andere Tonhöhen verarbeiten. „Das ist so, als würde jemand nicht mit den Fingern Klavier spielen, sondern mit dem ganzen Unterarm“, erklärt Elektroingenieur Les Atlas von der University of Washington in Seattle.

Lässt sich die Musikwahrnehmung trotz dieser Probleme verbessern? Für Wissenschaftler wie Ingenieur Nogueira ist das die entscheidende Herausforderung, um die Hörhilfen technisch weiterzuentwickeln. Weltweit tüfteln Mediziner und Ingenieure derzeit an Verfahren, mit denen Cochlea-Implantate die Vielfalt der Klänge genauer wiedergeben sollen. Denn gelänge es, Musik besser aufzulösen, dann würde sich auch das alltägliche Hören mit Implantat verbessern.

„Wenn wir es schaffen, die Tonhöhenauflösung der Implantate zu steigern“, hofft der Hals-Nasen-Ohren-Arzt Tobias Moser vom Institut für auditorische Neurowissenschaften der Universitätsmedizin Göttingen, „wird das nicht nur den Genuss von Musik steigern – auch bei gesprochener Sprache wären Tonfall und Sprachmelodie besser zu hören und die Betroffenen kämen im Störschall besser zurecht.“ Viele seiner Patienten, sagt er, seien nach Situationen mit vielen parallelen Gesprächssträngen vollkommen erschöpft.

Was Moser vorhat, kommt in der Tat einer technischen Revolution gleich. Der Mediziner will ein vollkommen neues Cochlea-Implantat entwickeln – mit einer Präzision der Klangwiedergabe, die herkömmliche Innenohrprothesen kaum je erreichen könnten.

Der Trick: Nicht Strom, sondern Licht soll die Fasern des Hörnervs anregen.



Künstler auf dem „musiC 2.0“-Konzert in Hannover: Gewöhnung an den „matschigen Brei“

Draht zur Schnecke

Cochlea-Implantat gegen Gehörlosigkeit

1 Ein Klangprozessor mit integriertem Mikrophon nimmt Schallwellen auf und wandelt sie in digital codierte Signale um, die an eine Sendespule übertragen werden.

2 Die über einen Magneten äußerlich am Kopf fixierte Sendespule schickt die Signale an eine unter der Haut liegende Empfangsspule. Hier werden elektrische Impulse erzeugt, die zu einem in der Hörschnecke (Cochlea) befindlichen Elektrodenträger gelangen.

3 In der Cochlea stimulieren die elektrischen Impulse die Fasern des Hörnervs und im Gehirn entsteht ein Höreindruck. Die bislang eher grobe Reizung der Nervenzellen durch Strom ließe sich künftig mittels optischer Impulse präzisieren. Für eine solche Steuerung durch Licht müssten die Zellen zuvor gentechnisch verändert werden: Harmlose Viren könnten das hierfür benötigte Erbgut einschleusen.

den, die natürlich keine Nebenwirkungen für die Patienten haben dürfen.

„Wir wissen auch noch nicht, ob blaues oder rotes Licht besser funktioniert“, sagt Moser. Freiburger Forscher entwickeln derzeit Mikro-Leuchtdioden auf biegsamem Trägermaterial, das sich in die Windungen der Hörschnecke schmiegen könnte.

„Die ersten Empfänger würden wohl Implantatträger sein, die einen besonders hohen Anspruch ans Hören haben“, sagt der Mediziner. Freiwillige gibt es schon: Fast täglich melden sich Patienten bei ihm, um zu erfahren, wann die klinischen Tests für das Hören mit Licht beginnen.

Schon früher könnten Patienten jene Erkenntnisse zugutekommen, die Ingenieur Nogueira aus seinem Konzertprojekt „musIC 2.0“ ableiten will. Nicht die Implantate selbst möchte er verbessern, sondern die Software, die den Schall in digital codierte Signale wandelt. „Da gibt es noch viel zu gewinnen“, sagt er.

Auch CI-Forscher Atlas hat ein spezielles Programm entwickelt, das Musik besser

wahrnehmbar machen soll. Sein Algorithmus leitet nicht nur Informationen über die Tonhöhe an das Gehirn weiter, sondern auch über die sogenannten Obertöne, die wiederum die Klangfarbe bestimmen.

Australische Wissenschaftler setzen an anderer Stelle an: Sie wollen über einen Gentransfer Zellen dazu bringen, Wachstumsfaktoren herzustellen, die ihrerseits Nerven zum Wachstum anregen.

Im Tierexperiment hatten die Forscher der University of New South Wales in Sydney bereits Erfolg: Bei Meerschweinchen wuchsen die Nervenzellfortsätze näher an das Implantat heran – was dann dazu führte, dass die CI-versorgten Nager mehr Tonhöhen unterscheiden konnten als vor der Behandlung.

Doch bis solche verbesserten Implantate in die medizinische Praxis kommen, wird es vermutlich noch eine Weile dauern. Einstweilen wird es für viele CI-Träger ein mühsamer Gewöhnungsprozess bleiben, bis sie Sinfonien oder Opern wieder genießen können.

„Anfangs habe ich Musik regelrecht gemieden“, berichtet CI-Patientin Roswitha Rother, eine Besucherin des „musIC 2.0“-Konzerts in Hannover. Durch Medikamente, die sie wegen einer lebensbedrohlichen Infektion nehmen musste, ist sie ertaubt. Mit ihrem Implantat kann sie zwar wieder hören, doch ihre Flöte legte die frühere Hobbymusikerin schnell aus der Hand. Zu scheußlich war der neue Klang.

„Wie matschiger Brei“ seien ihr einstige Lieblingssongs erschienen, erinnert sich auch Susanne Herms aus Lüchow. „Früher habe ich morgens immer als Erstes das Radio eingeschaltet, das ging nach der Operation erst einmal nicht mehr.“

Herms war von Geburt an auf einem Ohr taub, mehrere Hörstürze nahmen ihr später das Gehör auf der anderen Seite, heute trägt sie zwei CIs. Wie Roswitha Rother hilft sie Forschern und Komponisten, Musik für Implantatträger zu entwickeln.

Herms und Rother haben sich an ihre neue Art zu hören gewöhnt. „Bei Liedern, die ich von früher kenne, kann ich Melodie und Gesang wieder wahrnehmen“, sagt Rother. Das wandlungsfähige Gehirn schafft es, Hörerinnerungen mit den neuen Eindrücken in Einklang zu bringen – doch nur, wenn die Betroffenen früher einmal hören konnten. Wichtiger noch wären die neuen Superimplantate deshalb wohl für all jene Menschen, die nie zuvor in ihrem Leben gehört haben.

Rother war inzwischen auch schon auf gewöhnlichen Konzerten. Und bei Susanne Herms läuft wieder das Radio.

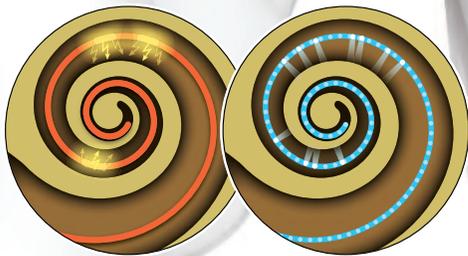
Julia Koch



Video:
Das CI-Konzert

spiegel.de/sp232015ci
oder in der App DER SPIEGEL

Stimulation durch Strom- und durch Lichtimpulse



Für seine Erkenntnisse zur molekularen Funktion der Synapsen in der Hörbahn erhielt der Mediziner im März den Gottfried Wilhelm Leibniz-Preis – auch deshalb, weil die Entdeckungen viel therapeutisches Potenzial haben. Licht, so seine Überlegung, lässt sich besser fokussieren; die räumlich präzise Anregung weniger Nervenzellen wäre viel genauer als mithilfe von Strom.

Optogenetik heißt das junge Forschungsfeld, das Moser für seine Vision nutzen will: In die Nervenzellen werden dabei winzige molekulare Schalter eingebaut. Fällt dann ein Lichtstrahl auf die so präparierte Zelle, leitet sie das Signal ans Gehirn weiter. Bei Labormäusen haben Moser und sein Forscherteam bereits gezeigt, dass sich entsprechend veränderte Nervenzellen durch Licht stimulieren lassen.

Bis zur Anwendung in Neuroprothesen sind aber noch praktische Probleme zu lösen. So müssten die molekularen Schalter mittels Viren in die Zellen geschleust wer-