

**Zeitschrift:** Sonos / Schweizerischer Verband für Gehörlosen- und Hörgeschädigten-Organisationen

**Herausgeber:** Sonos Schweizerischer Verband für Gehörlosen- und Hörgeschädigten-Organisationen

**Band:** 104 (2010)

**Heft:** 11

**Artikel:** Bahnbrechende Erfindung : der Biologie nachgebaute Cochlea

**Autor:** Stoop, Ruedi

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-924022>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 17.01.2026

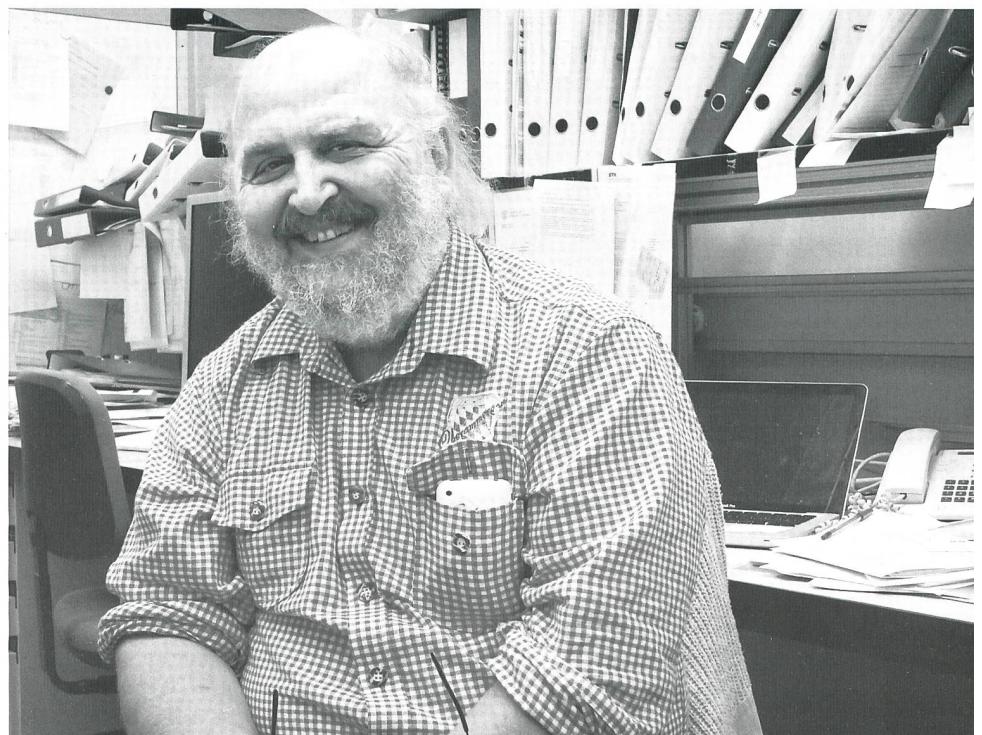
**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

gesundheitsfördernden Schulprofil. Durchführung einer Q-Woche für alle Lehrpersonen der BSFH. An der Schule sind total 184 Schüler/innen in verschiedenen Ausbildungsverhältnissen.

- Schuljahr 2010/2011: Fortbildungen und Fachberatungen für Lehrpersonen: Sprachliche Auffälligkeiten, Autismus/Asperger-Syndrom, visuelle Wahrnehmungsstörungen. Heterogene Unterrichtssituationen als Regelfall, Gebärdensprache als verbotene Sprache (Film von Katrin Sutter).
- Publikation der Empfehlung Nr.25 durch die SBBK/SDBB Kommission Qualifikationsverfahren vom 16. März 2010: Das an der BSFH eingeführte Verfahren zur Nachteilsausgleichsregelung wird offiziell anerkannt. Im Rahmen eines vom BBT unterstützten Projekts wird die Einführung von Nachteilsausgleichsmassnahmen für weitere Behinderte geprüft.

Berufsschule für Hörgeschädigte BSFH  
Dr. Stefan Erni

# Bahnbrechende Erfindung – der Biologie nachgebaute Cochlea



Prof. Ruedi Stoop hat das Lachen nicht verlernt - obwohl ihm auch manche Stolpersteine in den Weg gelegt werden.

**Im Magazin der Universität Zürich vom 21. September 2010 wurde ein Beitrag von Theo von Däniken mit dem Titel „Schöner hören - Wieder Musik hören: Prof. Ruedi Stoops künstliches Ohr kann eine Trompetenstimme von einer Geige unterscheiden“ publiziert.**

Aus dem Artikel geht hervor, dass der Neuroinformatiker Prof. Ruedi Stoop nichts weniger als das Geheimnis des Hörens gelüftet hat. Die Lösung hat er - dank genauer Beobachtung der Biologie - in einer mathematischen Gleichung gefunden.

## Interview mit Prof. Ruedi Stoop

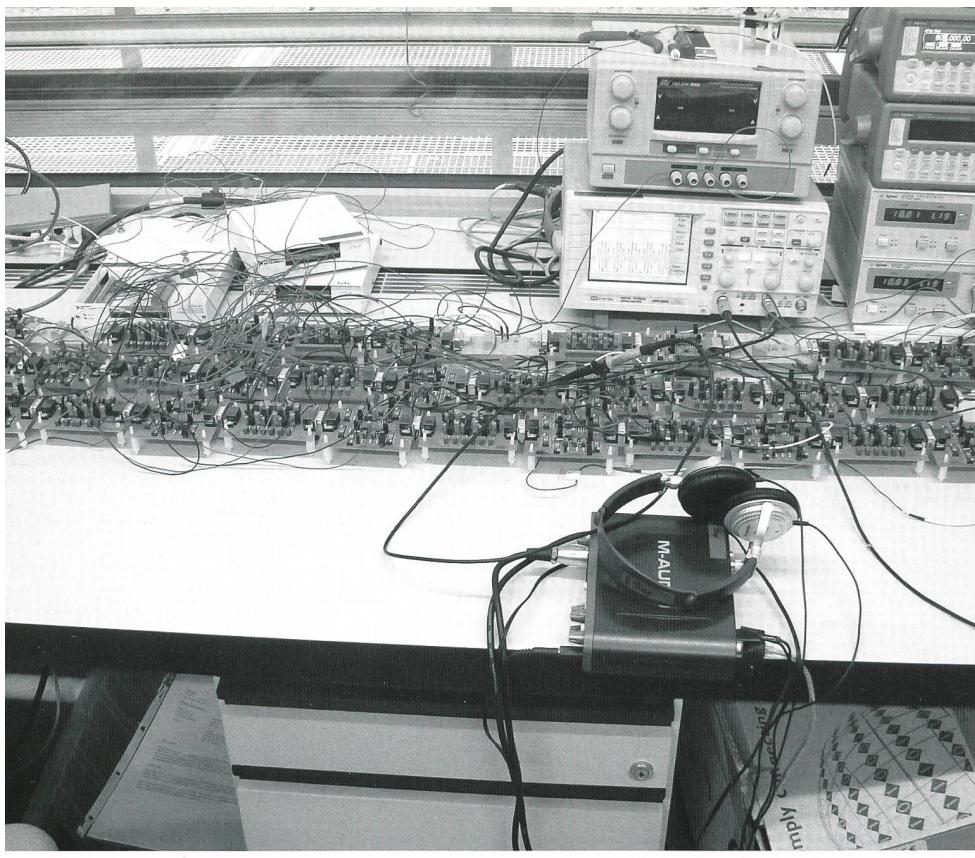
Was hat es mit dieser bahnbrechenden Erfindung tatsächlich auf sich und wer ist dieser Prof. Ruedi Stoop, der dem Geheimnis des Hörens auf den Grund gegangen sein soll?

Die sonos-Redaktion wollte es genau wissen. Spontan erklärte sich Prof. Ruedi Stoop bereit, sonos-Redaktor Roger Ruggli im Oktober an seinem Arbeitsplatz an der Universität Zürich auf dem Irchel zu einem Interview zu empfangen.

Schon nach wenigen Augenblicken war klar, Prof. Stoop ist ein brillanter Forscher und auch ein exzellenter Gesprächspartner. In der Folge entwickelt sich eine spannende und faszinierende Unterhaltung.

**sonos:** Sie haben eine künstliche Hörschnecke bzw. Cochlea aus Dutzenden von grünen Leiterplatten mit Widerständen, Kondensatoren, Drähten und Chips entwickelt. Diese Konstruktion funktioniert nach Ihren Darlegungen im Magazin der Universität Zürich vom 21. September 2010 auf eine völlig andere Weise als ein herkömmliches Cochlea Implant (CI) und ermöglicht offenbar ein viel differenzierteres Hören als bisherige Cls. Können Sie





Die den biophysikalischen Prozessen nachgebildete Cochlea von Prof. Ruedi Stoop.

diese Unterschiede für Laien einfach verständlich kurz erläutern?

**Stoop:** Herkömmliche CIs gründen auf Ideen der klassischen Informationstheorie wie sie in der Elektronik gebraucht wird und auf experimentellen 'trial-and-error' Verfahren, wie das oft in der Medizintechnik der Fall ist. Unsere Cochlea dagegen ist ganz eng den natürlichen biophysikalischen Prozessen nachgebildet, welche in der biologischen Cochlea stattfinden. Die Signale, welche diese Cochlea weitergibt, sind deshalb natürlicher (d.h. ähnlicher dem, was der auditorische Cortex erwartet) und schlanker (Signalkomponenten, welche der Cortex nicht erwartet, fehlen da gänzlich). Der auditorische Cortex ist für die Signale, welche von der natürlichen Cochlea kommen, optimiert. Je näher das vom Implant übermittelte Signal dem natürlichen Signal ist, desto leichter wird es richtig interpretiert werden. Die Cochlea hat man leider lange nicht richtig verstanden. Erst im letzten Jahrzehnt wurde hier der Durchbruch geschafft (mit wesentlicher Beteiligung unsererseits). Diese tiefere Einsicht in die grundlegenden Prozesse, die im Hörsensor, der Cochlea stattfinden, fehlt den klassischen CI-Bauplänen. Es ist notabene eine Irrmeinung, zu glauben, dass man ein fehlendes Verständnis dieser Prozesse einfach durch umfassendere klassische Elektronik-Implementationen ersetzen könnte. Ein solcher Ansatz kommt der Bekämpfung der Sym-

ptome gleich, welche dem Grundproblem aber ausweicht.

*Der Hörprozess beim Menschen und auch bei Tieren, die mit den Ohren hören, ist ein dynamischer Prozess. Das heisst, es findet kein One-Way Signalfluss vom Ohr ins Gehirn statt. Vielmehr steuert das Hirn das Ohr so, dass es eben die Signale, für die es sich besonders interessiert, verstärken kann. Wahrscheinlich ist es besonders schwierig zu verstehen und zu interpretieren, wie das Gehirn Signale an die Cochlea sendet und diese steuert. Ist dies auch bei der von Ihnen entwickelten Cochlea als neuem intelligentem Hörgerät ein Hauptproblem?*

Nein, das ist eigentlich nicht so schwierig, wenn man verstanden hat, wie der Hörsensor wirklich funktioniert. Tatsächlich hat uns unser Sensor, weil er so naturnah gebaut ist, viel darüber gelehrt, wie das Zusammenspiel zwischen Hirn und Cochlea wirklich vonstatten geht. Wir verstehen jetzt beispielsweise die Rolle von vorliegenden Nervenverbindungen, die vorher unverstanden waren.

*Vor diesem Hintergrund möchten wir wissen, ob es eventuell möglich oder sogar nötig sein wird, dass Leute, die ein solches neues intelligentes Hörgerät einmal erhalten werden, kognitiv lernen müssen*

*dieses zu bedienen? So wie ein Baby - das hören lernt - beginnt sein Gehör zu koordinieren, um die wichtigen Dinge herauszuhören?*

Hier wird derselbe Aufwand nötig sein, wie mit dem intakten biologischen Gehör. Wie viel Aufwand jeder damit treibt, wird hauptsächlich ihm überlassen bleiben. Genau hinzu hören (in jedem Sinn der Aussage!) ist leider kein Element, mit dem sich die heutige Kulturgesellschaft besonders auseinandersetzt, obwohl die Bedingungen dafür eigentlich gut wären. Dem Gehör selber, als Sinneskomponente, wird deshalb wohl auch nicht die ihm zustehende Bedeutung zugestanden. Bis es aussetzt, muss man wohl anfügen.

*Es ist von der Seite des Nervensystems auch noch nicht so viele darüber bekannt, wie die Signale elektrisch fliessen und verarbeitet werden bzw. wenn das bekannt sein sollte, kann man u.W. in diesen Prozess noch nicht gross eingreifen - zum Beispiel bei Leuten, die an einem Tinnitus leiden, kann man heute nicht so ins Nervensystem eingreifen, dass sie den Tinnitus plötzlich nicht mehr hören. Wie beurteilen Sie diese Situation?*

Das Problem des Tinnitus wird immer wieder an mich herangetragen, in der Hoffnung, ich könne hierzu etwas Gescheites sagen. Das ist leider nicht so. Tinnitus ist eine symptomatische, nicht eine ursächliche Beschreibungskategorie. Das heisst, ein Tinnitus kann an vielen Orten der Hörbahn verursacht werden. Es gibt eine Bandbreite von medizinischen bis hin zu, wegen des oben erwähnten Rückkopplungsprozesses vom Hirn zum Ohr, psychologischen Ursachen, die möglich sind.

*Wenn es einmal möglich sein wird, solche Hörgeräte wie das von Ihnen entwickelte zu tragen, fragen wir uns, ob die Träger dieser Geräte dann besser hören werden als normale Leute. Wird man in Zukunft in einem Restaurant jedes beliebige Gespräch, das geführt wird, mit einem solchen Hilfsmittel mitverfolgen können?*

Die Cochlea ist der Sensor. Er bietet Hand für die Lösung des von Ihnen beschriebenen Cocktail-Party Problems. Im Sensor findet zwar unerwartet viel Signalverarbeitung statt (z.B. die wesentliche Grundlage für die Feststellung der Tonhöhe, wie sich

jüngst gezeigt hat (PRL 2010). Aber wem man genau zuhören will und was das für die Cochlea bedeutet, wird immer die Sache des Hirns bleiben. Mit anderen Worten: Man wird das stets nur so gut können, wie man „zuhören“ kann.

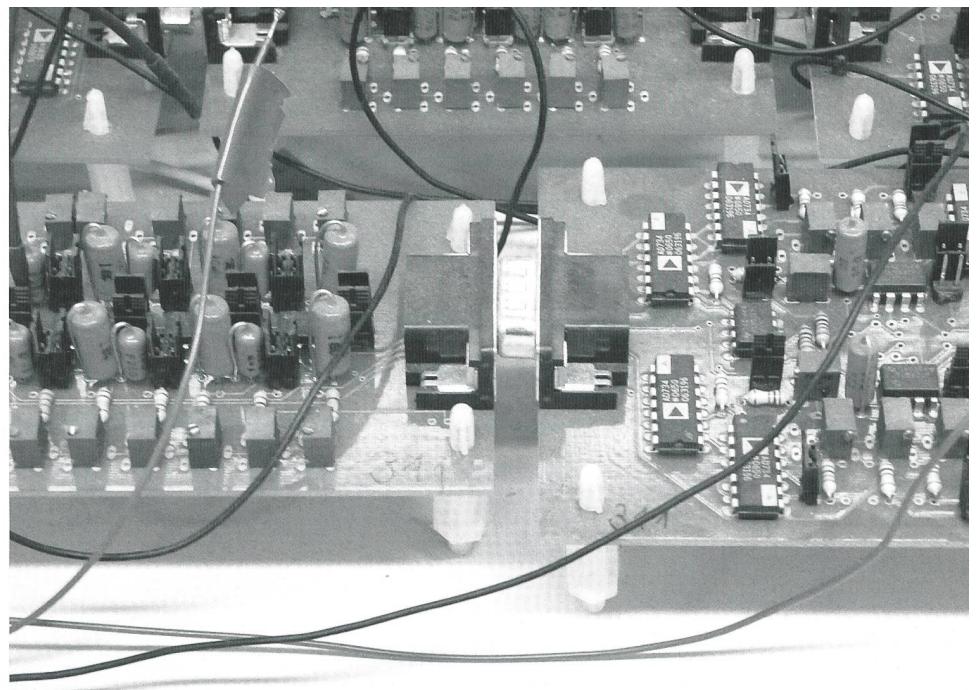
*Haben Sie Kontakt mit Hörgeräte-Herstellern bzw. CI-Herstellern aufgenommen und wenn ja, wie waren die Reaktionen?*

Für Firmen, die sich mit Hörhilfen beschäftigen, scheinen CI's zur Hauptsache für eine möglichst vollständige Abdeckung ihres Angebots wichtig. Das Geld wird mit traditionellen Hörgeräten gemacht. CI's bringen hauptsächlich den Chirurgen Geld; die vorhandene Elektronik (Signalverarbeitung) ist nebensächlich. Diese Firmen haben deshalb und weil der Markt heute noch klein ist (dies hat auch mit dem aus meiner Sicht nicht zufriedenstellendem Technikstand der verkauften CI's zu tun) natürlicherweise nur ein untergeordnetes Interesse, in ein Gebiet vorzustossen, welches möglicherweise die Basis ihres Geschäfts schmälern könnte. Und die Chirurgen selber haben verständlicherweise an sich wenig das Bedürfnis, sich neue Techniken anzueignen, wenn die bestehenden für die vorliegenden Implantate ausreichen.

Es scheint sich heute die Möglichkeit eines Zusammengehens mit einem der europäischen Marktführer zu ergeben, aber der Enthusiasmus dabei ist nicht überwältigend. Man müsste sich vermutlich mit einem Quereinsteiger zusammentun; Interesse dafür existiert aus China.

*Wann haben Sie angefangen diese Technik zu entwickeln?*

Künstliche Ohren sind ein wichtiges Thema in der Robotik. Für Roboter ist das künstliche Ohr der Sensor, welcher am wenigsten weit entwickelt ist, weil seine physikalischen Grundlagen eben bis vor kurzem schlecht verstanden waren. Zur Entwicklung des Sensors hatte ich mich entschlossen, als ich mit dem Problem konfrontiert war, aus existierenden elektronischen, „biologienahen“ Cochleas das Signal herauszulesen. Ich hatte die beiden am weitesten entwickelten wissenschaftlichen Geräte bekommen (eines davon in der Schweiz entwickelt) und konnte gar nicht glauben, was für ein Schrott - meiner Mei-



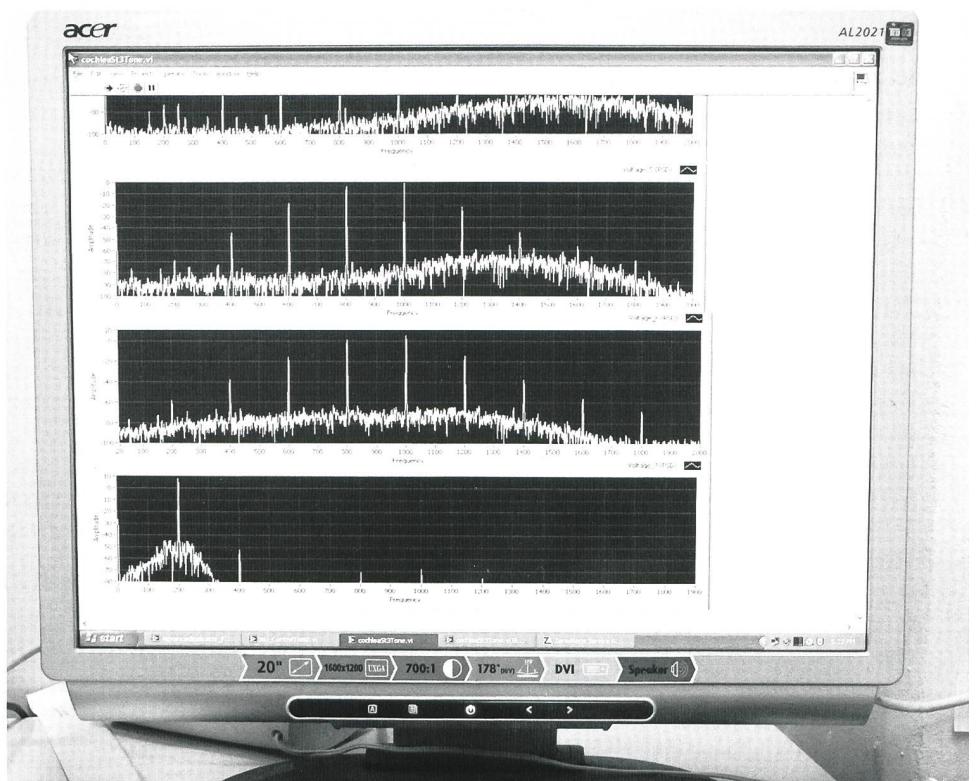
Detailaufnahme der von Prof. Stoop entwickelten künstlichen Cochlea.

nung nach - das war. So entschied ich, mit einem Studenten zusammen die Biophysik der Cochlea zu studieren. Und als wir die Grundlagen verstanden zu haben glaubten, dann als Beweis auch ein Gerät zu bauen, um unsere Ergebnisse mit dem zu vergleichen zu können, was das Säugetierohr tut.

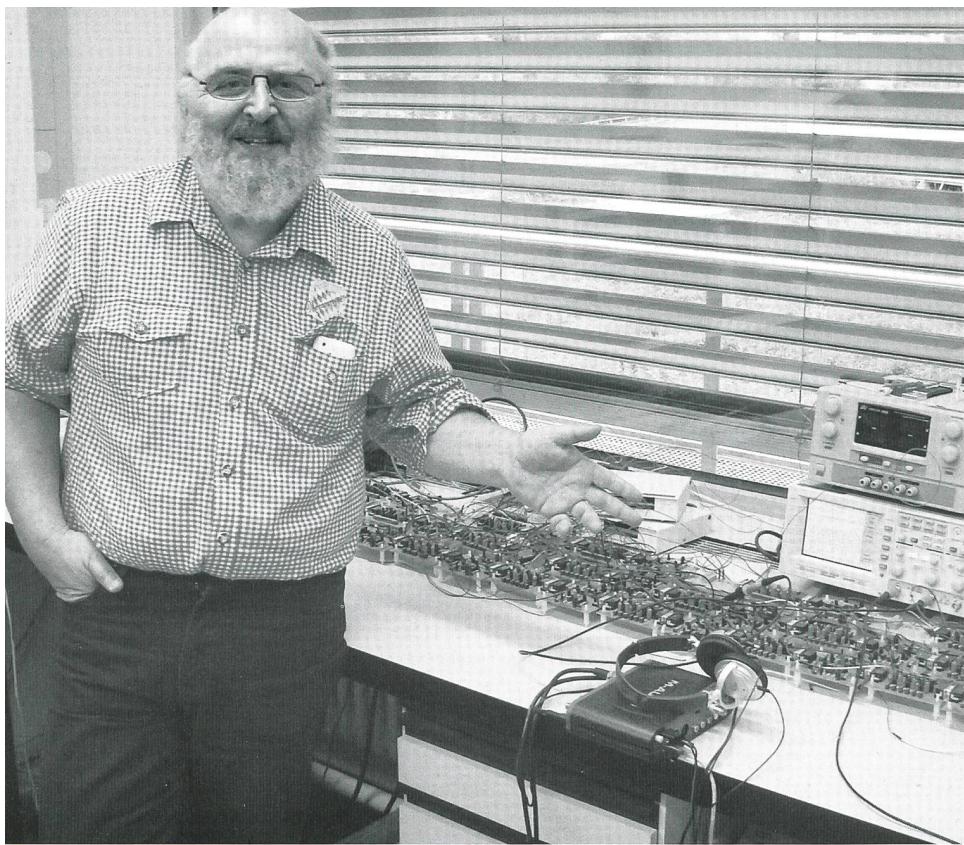
Vergleiche mit allen möglichen Daten, welche man besitzt, belegen, dass beide tatsächlich dasselbe tun (was im Supplement zu unserem kürzlichen PRL überzeugend gezeigt wird).

*Befindet sich Ihre Technik der künstlichen Hörschnecke noch im Stadium der Grundlagenforschung oder bereits in jenem der angewandten Forschung?*

Diese Technik und das unterliegende Design könnte man sofort einsetzen. Die Miniaturisierung ist kein Problem. Der Energieverbrauch ist minimal, da der natürliche Prozess auf einfachst mögliche Weise nachgebildet ist. Was jetzt von uns oder mit uns zusammen entwickelt werden sollte, sind optimierte Elektroden, welche das



Hier wird die feine Bandbreite von Tönen, die mit der Cochlea von Prof. Stoop gehört werden können physikalisch gemessen und ausgewertet.



Prof. Ruedi Stoop erklärt die Funktionsweise seiner künstlichen Cochlea.

äusserst biologietreue Signal, welches unsere Cochlea erzeugt, an den Hörnerv mit möglichst wenig Verlust weitergeben können. Die heutigen Elektroden sind auf ein sehr rohes Signal abgestellt; da genügt ein entsprechend rustikales Design. Für weiter entwickelte Elektroden würde man auch neue mikrochirurgische Techniken der Implantation entwickeln wollen.

*Konnten Sie schon klinische Studien an Lebewesen - allenfalls auch toten Tieren - durchführen?*

Ich habe ein entsprechendes Projekt einem NCCR (National Center of Competence of Research), welches bei der Universität Zürich beheimatet ist, vorgeschlagen. Es hätte zum Ziel gehabt, in Zusammenarbeit mit einem Professor der Mikrochirurgie und einem Elektrodenentwickler an Schlachtabfällen die mikrochirurgischen Möglichkeiten abzuklären und in einem weiteren Schritt den Informationsgehalt, welches das neue Konzept liefert, mit dem der herkömmlichen Technik direkt zu vergleichen.

Es wurde mit für uns unverständlichen Argumenten abgelehnt. Mein Eindruck war, dass dabei unkritisch ein Gutachten übernommen wurde, welches auf der herkömmlichen Technik aufbaut, möglicherweise von einem Konkurrenten. Und dass man vielleicht auch vor so einem Vergleich Angst hatte.

*Wie lange schätzen Sie könnte es dauern, bis ein massgeblicher Durchbruch mit Ihrer Erfindung erzielt wird?*

Das hängt davon ab, wer die Kommerzialisierung unseres Konzeptes übernimmt, beziehungsweise, in wie weit es die Gesellschaft für gegeben hält, diese zu fördern (ich meine: Universität, Nationalfonds, Gesundheitswesen, Firmen in unserem Staat; in zweiter Linie Institutionen oder Firmen in anderen Staaten). Wir haben ein hervorragendes Konzept, einen guten Plan, und wissen, was zu tun wäre.

Aber wenn die Meinung ist, dass sich dieser Aufwand nicht lohnt (weil andere ökonomische oder wissenschaftliche Interessen überwiegen), so kann ich mich damit abfinden. Ich arbeite auch auf vielen Gebieten der Physik relativ erfolgreich. Ich würde es aber schade finden, wenn diese Möglichkeit ungenutzt vertan würde.

*Welche Stolpersteine wurden Ihnen bisher in den Weg gelegt?*

Zu viele. Es lohnt sich nicht, alle aufzuzählen. Sie sind an und für sich nicht wichtig (einige habe ich bereits genannt).

*Warum könnte das so gewesen sein?*

Diese Frage habe ich bereits weitgehend beantwortet.

*Welche Risiken und Chancen ergeben sich, wenn man eine so innovative Erfindung wie Sie gemacht hat?*

Ich weiss nicht, von welchen Risiken man im vorliegenden Fall sprechen könnte: Es gibt meiner Meinung nach keine. Chancen mannigfacher Art gibt es für die Erfindung neben der Medizinaltechnik auch im Gebiet der Technologie der Robotik, wo die auditorische Information in dem Masse wichtiger wird, je besser man sie in den Griff bekommt. Hier werde ich allerdings wiederum durch eingesessene Techniken konkurrenzieren, welche eine starke Lobby besitzen.

*Wie würde eine Operation der von Ihnen entwickelten Cochlea vorgenommen bzw. wo genau würden die Unterschiede zur heute gängigen CI-Operation liegen?*

Man müsste die Elektroden ortsgenauer platzieren, was Mikrochirurgie bedingt.

*Welche Verbesserungen bietet Ihre künstliche Cochlea gegenüber der herkömmlichen CI- bzw. Hörgeräteversorgung?*

Im Endstadium der Entwicklung (was aber nur die Weiterentwicklung der Elektroden-Materialien und Implantierungs-Techniken betrifft, die Sensorentwicklung selber ist abgeschlossen) wird man ohne weitere Hilfsmittel hinhören, das heisst: ein gewünschtes auditorisches Signal verfolgen, können. Ohne Fernbedienung, einfach durch die im Cortex ausgelöste Willensbekundung. Das, was wir mit dem intakten Ohr täglich tun.

*Sie sind Neuroinformatiker, haben ein Mathematik- und Physikstudium abgeschlossen. Was waren Ihre Beweggründe, sich in Ihrer naturwissenschaftlichen Arbeit für hörbehinderte Menschen einzusetzen?*

Ich bin kein Apostel, sondern eher ein Choleriker (was nicht heisst, dass der Mengendurchschnitt leer sein muss). Mich hat im Wesentlichen aufgeregt, wie schwach das war, was man für lange Zeit als die grossartige „Sicon Cochlea“ angepriesen hat. Mit wie wenig man grosse Reklame gemacht und Hoffnungen geweckt hat. Auch habe ich sofort realisiert, wie wichtig der Hörsinn ist, wie wenig er wissenschaftlich (physikalisch) verstanden ist und woher die wissen-

schaftliche Beschreibung und die Lösung des Problems kommen muss.

*Sie haben das Geheimnis des Hörens gelüftet, indem Sie die biologischen Vorgänge beim Hören genau beobachtet haben. Sie haben diesbezüglich eine mathematische Gleichung hergeleitet. Wie lautet diese Gleichung?*

Ich denke, das wollen Sie hier nicht aufschreiben. Es kommt darin Hydrodynamik, Mechanik und Bifurkationstheorie vor, welche schliesslich in Analogelektronik übersetzt wurde.

*Welche technischen Hilfsmittel werden hörbehinderten Menschen in den nächsten 5, 10 und 30 Jahren aus Ihrer Einschätzung zur Verfügung stehen?*

Ich möchte meine Aussage im Wesentlichen auf Cochleaschädigungen beschränken. Hier denke ich, dass mit vernünftigem Aufwand das Problem von geeigneten Elektroden gelöst werden könnte (in 5-10 Jahren, schrittweise) und entsprechende mikrochirurgische Verfahren entwickelt werden könnten (10 Jahre). Wenn die Gesellschaft das nur für wünschenswert hält.

### Kurzporträt Prof. Ruedi Stoop

Ruedi Stoop ist Professor am Institut für Neuroinformatik. Er hat ursprünglich Mathematik und theoretische Physik studiert. Die Stoop-Gruppe arbeitet hauptsächlich interdisziplinär. In ihr vereinigt sich Fachwissen aus Mathematik, theoretischer und angewandter Physik, Computer- und Ingenieurwissenschaften sowie Biologie und Philosophie. Der zentrale Fokus in Bezug auf die Forschungsarbeiten dieser Gruppe liegt im Auffinden

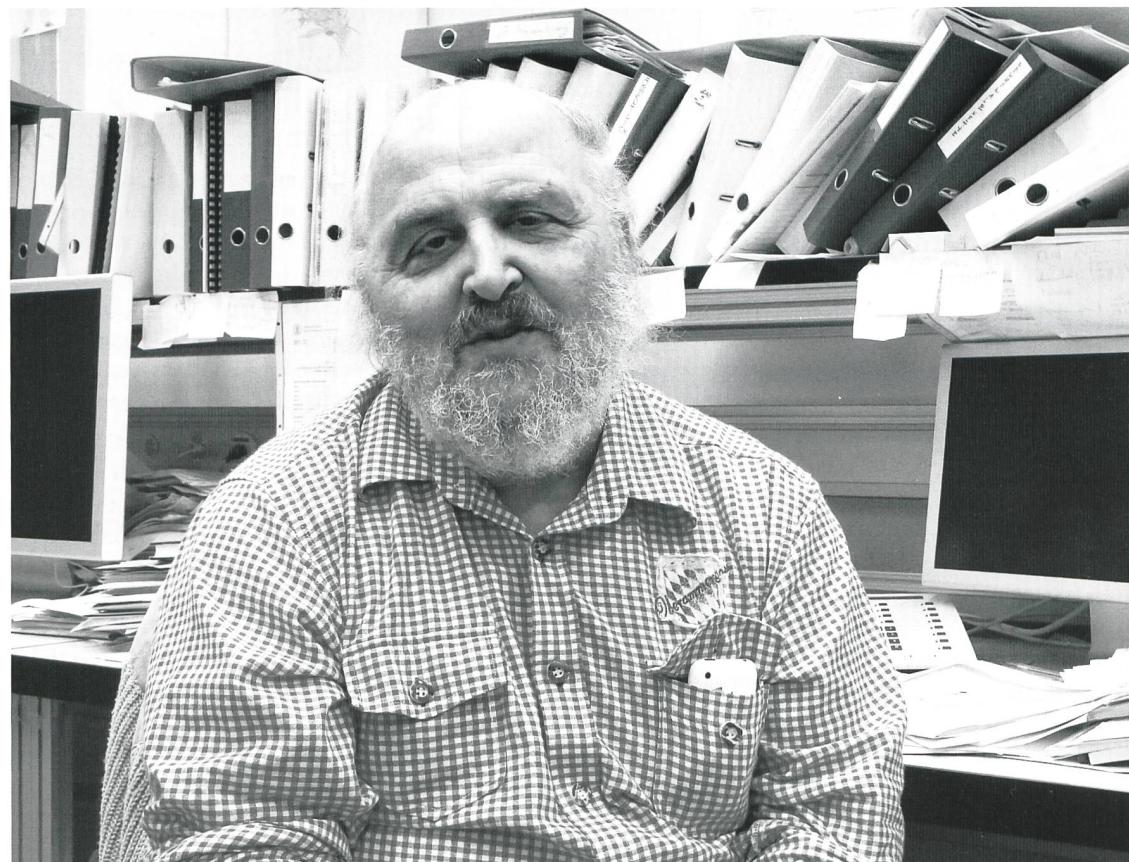
wesentlicher Grundlagenerkenntnisse im Bereich Neuroinformatik. Fragen wie Information naturwissenschaftlich darstellen ist und wie dies rechnerisch in biologische Systeme übertragen wird sowie die Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse in Bezug auf technische Probleme bildet Mittelpunkt der Fragestellungen, mit denen sich die Stoop-Gruppe befasst. Theorien über dynamische Systeme, Informationstheorie und statistische Physik bilden dabei das theoretische Fundament der Forschungsarbeiten der Gruppe.

Dann wird den Betroffenen ein Ersatz zur Verfügung stehen, mit dem sie praktisch normal hören können, ohne Hören neu erlernen zu müssen. Hinhören zu wollen ist und bleibt allerdings ein Aufwand, der immer noch geleistet werden müssen - darin werden sich Hörgeschädigte von nicht Hörgeschädigten niemals unterscheiden.

schlossen bleiben muss, sondern dass ihr endlich der Druckbruch zur Marktreife verschafft wird. Falls es nicht die Europäer sein werden, sind es dann vielleicht die Chinesen. Immerhin gibt es in China Millionen von Menschen, die entweder gehörlos oder hörbehindert sind. Die sonos-Redaktion wird auf jeden Fall an dieser Geschichte dranbleiben.

[rr]

Roger Ruggli bedankt sich bei Prof. Ruedi Stoop für das sehr interessante und spannende Gespräch. Bleibt eigentlich nur zu hoffen, dass die Erfindung von Prof. Stoop nicht noch jahrelang im Schrank einge-



Aus Sicht von Prof. Stoop ist es wichtig, dass sich die Menschen wieder vermehrt auf das (Hin-)Hören konzentrieren.