

# Der **Klang** der Innovation bei **Cochlear Limited**



Bei einer Schädigung derjenigen Ohrpartien, die den Schall an den Hörnerv weiterleiten, hilft eine Hörhilfe, die lediglich den Schall verstärkt, nur wenig. Bei vielen ganz oder fast Gehörlosen ist aber genau das der Fall. Heute haben bereits über 70.000 Menschen ein Cochlea-Implantat von Cochlear Limited und können damit wieder hören – einige zum ersten Mal in ihrem Leben.

Ein Cochlea-Implantat überbrückt die beschädigten Partien des Ohrs und überträgt Schallsignale direkt an den Hörnerv des Empfängers. Ein solches Implantat ist das einzige, in einem größeren Umfang eingesetzte medizinische Gerät, das in der Lage ist, einen menschlichen Sinn wiederherzustellen.

Seit der Markteinführung von Cochlears erstem Implantatsystem vor über 20 Jahren hat das Unternehmen fünf Generationen von immer kleineren Geräten entwickelt,

deren Funktionsumfang stetig zugenommen hat.

Die Ingenieure bei Cochlear setzen Model-Based Design mit MathWorks-Werkzeugen ein, um ihre Entwicklungsprozesse zu beschleunigen und neue Ideen in Prototypen umzusetzen und zu testen.

### **Verbesserung des Hörerlebnisses**

Eine Möglichkeit, die Qualität eines neuen Designs zu bestimmen, besteht in der Einbindung von Implantatsträgern

als Probanden in Tests in speziell dafür ausgerüsteten Labors - dazu sind in der Regel mehrere Sitzungen nötig.

Neue Methoden für die in Cochlea-Implantaten stattfindende Signal- und Datenverarbeitung werden normalerweise durch die iterative Implementierung von Assembler-Code auf einem speziell dafür entwickelten digitalen Signalprozessor (DSP) entwickelt. Bei dieser zeitaufwändigen Vorgehensweise kann ein Entwicklungszyklus allerdings mehrere Jahre dauern.

Um diesen Beschränkungen entgegenzutreten und mehr neue Ideen testen zu können, beschloss man bei Cochlear den Aufbau einer Reihe von Rapid Prototyping-Systemen. Mit Werkzeugen von The MathWorks modellierten und simulierten die Ingenieure den externen Sprachprozessor für ihre Nucleus® 24- und Freedom-Implantate. Abgesehen von dem Implantat selbst wurden dabei sämtliche Teile des Systems durch Software ersetzt. Anstatt für jeden Test einen neuen Prototypen zu bauen, konnten die Ingenieure

nun viele verschiedene Testreihen in kurzer Zeit erzeugen, indem sie einfach Verarbeitungsschritte oder Parameter in der Software veränderten.

### Aufbau einer Entwicklungs- und Testplattform

Brett Swanson, Leiter der DSP-Forschung bei Cochlear, entwickelte mit MATLAB die Nucleus MATLAB® Toolbox (NMT), eine spezielle Entwicklungs- und Testplattform. Sie kann die Signale der normalerweise im internen Sprachprozessor eingesetzten speziellen Prozessoren (so genannter Application-Specific Integrated Circuits; ASICs) nachbilden. Die NMT ist direkt an die Hardware gekoppelt, die mit dem Implantat eines Probanden kommuniziert. Sie enthält nebeneinander verschiedene gängige und proprietäre Signalverarbeitungs-Algorithmen, mit denen die Ingenieure und Forscher bei Cochlear schnell neue Designs oder Verbesserungen an den Algorithmen ausprobieren können. Forscher auf der ganzen Welt nutzen die NMT zur Erzeugung und Wiedergabe von Stimuli für Träger von Cochlea-Implantaten, die diese Reize als Geräusche wahrnehmen. Die Forscher verändern die Eingangssignale und die Probanden kommentieren dann, ob sich dadurch die Klangqualität verbessert oder verschlechtert. Auf diese Weise lässt sich auch feststellen, wie gut der Implantatsträger mit verschiedenen objektiven Sprachtests zurecht kommt und Änderungen in der Signalverarbeitung können objektiver verglichen werden. Einige Anpassungen, beispielsweise die Rauschunterdrückung für schwierige Hörumfelder, werden bereits im Vorfeld getestet und die Ergebnisse mit MATLAB ausgewertet und analysiert. Offensichtliche Probleme dringen so erst gar nicht in die Probandentests durch. Die Probanden selbst tragen jedoch ganz erheblich zur Verifikation aller Veränderungen eines Designs bei, die direkt die Hörqualität verbessern.

Cochlears Schnittstellen-Hardware zum Implantat.

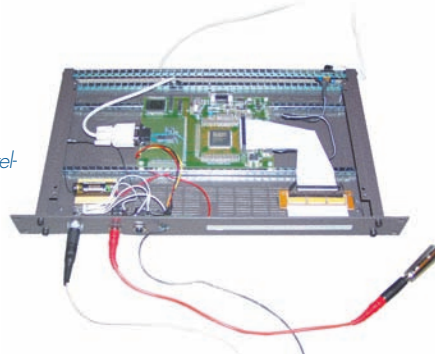
Die NMT hat zwar eine Vielzahl von Verbesserungen an der Technologie der Cochlea-Implantate erst ermöglicht, beispielsweise Cochlears proprietäre Smart-Sound™ Strategien für die Audioverarbeitung. Die Toolbox hat aber auch Grenzen, denn sie kann nur vorverarbeitete Audioaufzeichnungen abspielen. Während der Tests hört ein Implantatsträger ausschließlich die Signale von der NMT, jedoch keine Anweisungen der Forscher oder sonstige Geräusche im Raum.

### Übergang in eine Echtzeit-Umgebung

Um diese Grenzen der NMT zu überwinden, suchte Cochlear nach einem noch moderneren Ansatz. „Der nächste Schritt bestand darin, alle für die Forschung wichtigen Eigenschaften der NMT in Echtzeit verfügbar zu machen“, sagt dazu Michael Goorevich, Chefingenieur der digitalen Signalverarbeitung bei Cochlear. „Wir begannen darum jetzt auch mit Simulink und xPC Target zu arbeiten.“

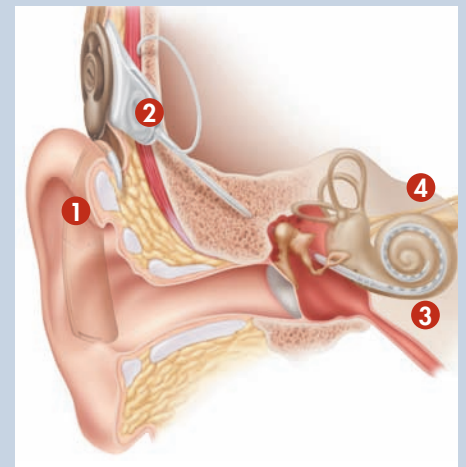
Goorevich und sein Team entwickelten eine Echtzeit-Plattform für ihre Forschung, in der sie Algorithmen für die Audioverarbeitung und die Sprachcodierung entwerfen konnten. Mit Simulink entwickelte die Gruppe ein eigenes Grundgerüst dafür und implementierte darin Simulink®-Blöcke mit kommerziell erhältlichen Algorithmen aus dem Nucleus Freedom®-System. In dieser Umgebung mit standardisierten Signalpegeln und Spezifikationen für Datenformate können die verschiedenen Eingabe-, Ausgabe- und Signalverarbeitungs-Blöcke auf einfache Weise ausgetauscht werden. Die Simulink-Modelle sind durch xPC Target direkt mit der Implantats-Hardware verbunden.

„Mit Simulink und xPC Target arbeiten wir sozusagen live und können mit dem Probanden kommunizieren. Wir können



## Funktionsweise eines Cochlea-Implantats

Im Gegensatz zu konventionellen Hörhilfen erfolgt bei einem Cochlea-Implantat keine Verstärkung von Geräuschen. Stattdessen überbrückt das Implantat die geschädigten Haarzellen im Ohr und stimuliert direkt den Hörnerv im Innenohr bzw. in der Cochlea (Gehörschnecke).



- 1 Ein externer Sprachprozessor erfasst Umgebungsgeräusche und wandelt sie in digitale Signale um.
- 2 Diese Signale werden an das unter der Haut angebrachte Implantat weitergegeben.
- 3 Das Implantat wandelt die Signale in elektrische Impulse um, die an ein in die Cochlea eingepflanztes Netz aus Elektroden geleitet werden.
- 4 Die Elektroden stimulieren den Hörnerv und das Gehirn nimmt die Signale als Geräusche wahr.

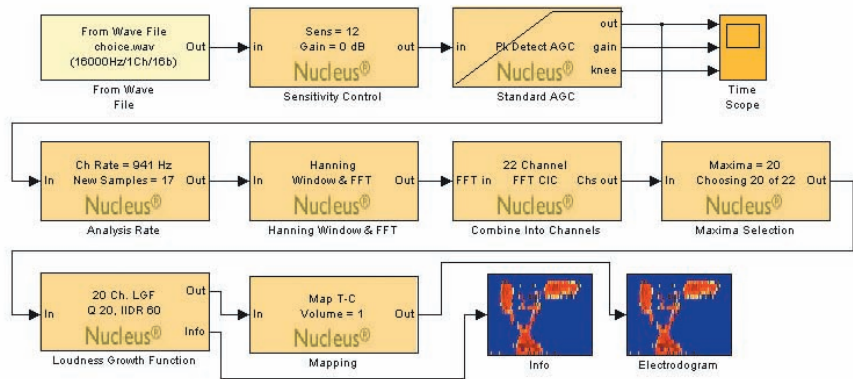
mit ihm reden, er kann uns hören und, was noch wichtiger ist, er kann hören, wie seine eigene Stimme klingt“, so Goorevich.

Die neue Plattform hat gegenüber der NMT viele Vorteile. Die Ingenieure können Sprachcodierungs-Algorithmen in etwa der gleichen Zeit implementieren wie mit der NMT, müssen aber nicht mehr wie früher DSP-spezifische Assembler-Programme schreiben, um eine angemessene Echtzeitleistung zu erzielen. Die Testgeräusche müssen außerdem nicht mehr vorverarbeitet werden, weshalb die Forscher kurzfristig entscheiden können, welches Material sie für die Tests verwenden. Parameter wie Lautstärke, Kompressionskurven oder Elektrodenpegel lassen sich zudem jederzeit verändern. Derzeit plant das Team die Entwicklung einer grafischen Oberfläche (GUI) in MATLAB, mit deren Hilfe die Probanden die Parameter selbst einstellen können, was den gesamten Testvorgang weiter beschleunigt.

### Entwicklung und Test von Produktverbesserungen

Die Ingenieure bei Cochlear nutzen ihre neue Umgebung aus Simulink und xPC Target zur Entwicklung und für Tests verschiedener Produktverbesserungen, beispielsweise einer flexiblen Methode zur Gewinnung von Signalinformationen mit Hilfe von FFTs (Fast Fourier Transformation). Bei früheren Designs griff Cochlear zur Extraktion der in der Frequenzdomäne im DSP-Prozessor enthaltenen Energie auf eine FFT-basierte Filterbank zurück. Der neue Aufbau erlaubt dagegen beliebige Übergangsfrequenzen zwischen den Filtern und bietet neue Optionen zur Extraktion ihrer Hüllkurven. Nach erfolgreicher Absolvierung der Probandentests wurde das Design auf dem neuen Freedom-Sprachprozessor implementiert, um ihn im Rahmen einer klinischen Studie weiter zu testen.

In der neuen Prototyping-Umgebung ist es einfach, neue Ideen zu testen. So konnten die Ingenieure etwa mit einem neuen Ansatz experimentieren, bei dem die Hül-



Simulink-Blöcke aus dem Nucleus Freedom-System. Die Blöcke sind durch xPC Target direkt mit der Implantats-Hardware verbunden.

lkurve des Signals in jedem Filter auf andere Weise abgeleitet wird, wodurch man bessere zeitliche Informationen erhält.

„Wir waren uns überhaupt nicht sicher, ob der neue Ansatz wirklich Vorteile haben würde“, erklärt Goorevich. „Wir führten also nur kleine Anpassungen durch und implementierten diese dann mit xPC Target. Der Proband konnte das neue Feature selber an- und abschalten.“ Das Team stellte daraufhin eine kleine aber entscheidende Veränderung der Klangqualität fest, die sowohl subjektiv von den Probanden als auch durch objektive Tests an Sprachproben bestätigt wurde.

### Experimente mit tragbaren Systemen

Zurzeit werden noch alle Probandentests mit der NMT und xPC Target über mehrere Sitzungen hinweg in einem Labor durchgeführt. Goorevich und sein Team arbeiten aber an der Entwicklung eines Systems, das der Empfänger mit nach Hause nehmen kann. Dieses tragbare System würde dann einen DSP enthalten, dessen Signalverarbeitungs-Software automatisch mit Real-Time Workshop® generiert wird. Auf diese Weise könnte man Produktverbesserungen in einer realen Umgebung testen, was die Aussagekraft der Tests erhöhen und die dafür benötigte Zeit verkürzen würde.

### Psychophysikalische Tests

Cochlear sucht stetig nach neuen und besseren psychophysikalischen Test-

methoden. Die Ingenieure verwenden dazu MATLAB in einem System, welches das in die Gehörschnecke im Innenohr implantierte Elektrodenetzwerk direkt stimuliert. Es umgeht dabei die Implantatshardware, die ursprünglich die Signale des Sprachprozessors in Stimuli umwandelt. Bei diesen Tests werden komplexe Pulsmuster an einzelne oder mehrere Elektroden gesendet. Die Probanden bewerten dann die relative Lautstärke oder die Tonhöhe des Geräuschs. Die Forscher können so feststellen, wie die Lautstärke von der Amplitude abhängt und welche Elektroden mit welchen Tonhöhen in Verbindung stehen. Ziel dieser Tests ist die Entwicklung besserer Stimulationsmethoden für künftige Implantate.

„Ohne eine gute Forschungsplattform ist es unmöglich, neue Methoden effizient zu testen“, fassen Goorevich und Swanson zusammen. „Mit den Plattformen, die wir entwickelt haben – und deren Entwicklung stetig weitergeht – können wir schnell neue Ideen, Funktionen und Algorithmen ausprobieren, die Menschen helfen, besser zu hören.“ ◀◀

#### QUELLEN

- ▶ Cochlear Limited  
[www.cochlear.com](http://www.cochlear.com)
- ▶ xPC Target  
[www.mathworks.com/res/xpctarget](http://www.mathworks.com/res/xpctarget)

