

für alle,

02 Schwerhörigkeit –

Problem von
weltweiter Relevanz

04 Mehr Sicherheit bei Cochlea-Implantationen

18 Weil laut nicht gleich laut ist

24 Was können die **Hörsysteme von morgen?**

jederzeit, überall.



Zehn Jahre Hearing4all – zwei Standorte für eine Erfolgsgeschichte.



**Prof. Dr. rer. nat.
Dr. med. Birger Kollmeier**
Sprecher des Exzellenzclusters

Foto: Hörzentrum Oldenburg



Prof. Prof. h.c. Dr. med. Thomas Lenarz
klinischer Sprecher des
Exzellenzclusters

Foto: Christian Horn

Seit vielen Jahren wird in Oldenburg und in Hannover auf höchstem Niveau Forschung betrieben, um die Versorgung von Menschen mit Hörbeeinträchtigungen nachhaltig zu verbessern. Und seit nunmehr zehn Jahren geschieht dies gemeinsam im Exzellenzcluster Hearing4all: Die Förderung des Forschungsverbunds durch die DFG aus Mitteln der Exzellenzstrategie des Bundes und der Länder wurde zum 1. November 2012 aufgenommen. 2018, nun in der Exzellenzstrategie, hat Hearing4all erneut den Zuschlag bekommen, seine Forschung in einer zweiten Förderphase mit dem Ziel voranzutreiben, wirksame, erschwingliche und letztendlich überall verfügbare technische Lösungen für das Problem von Schwerhörigkeit zu finden: Hören für jeden, an jedem Ort, zu jeder Zeit!

Zehn Jahre Hearing4all – das ist ein guter Anlass, um gemeinsam mit Ihnen nicht ohne Stolz auf eine erfolgreiche Zeit zurückzublicken. Die Verknüpfung von zwei wichtigen, sich in ihren Kompetenzen ergänzenden Standorten der Hörforschung in Niedersachsen hat zu erheblichen Synergien geführt: Durch einen breiten interdisziplinären Ansatz sowie durch das Zusammenspiel universitärer Grundlagenforschung, praxisnaher Produktentwicklung und klinischer Patientenversorgung im Verbund dieser Standorte konnten bahnbrechende Entwicklungen erzielt werden, von denen einige bereits ihren Weg bis in den Markt gefunden haben. Karrieren von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern wurden gestartet und dauern bis heute erfolgreich an.

In dieser Broschüre wollen wir Ihnen einige Glanzpunkte aus zehn Jahren Forschungsarbeit in Hearing4all präsentieren. Wir hoffen, Sie damit für die vielen Aspekte der Forschung rund um das Thema Hören begeistern zu können – schenken Sie uns Ihr Gehör!

*„Blindness
isolates its
victims from
the world
of things.
Deafness
cuts a man off
from people.“*

Sidney Greenberg

Impressum

Exzellenzcluster Hearing4all
Geschäftsstelle Oldenburg
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
26111 Oldenburg
www.hearing4all.de

Redaktion:

Daniela Beyer, Ansgar Rudolph, Swantje Suchland

unter Mitarbeit von:

Georg Berding, Holger Blume, Alexey Demyanchuk, Volker Hohmann, Karin Klink, Birger Kollmeier, Wiebke Konerding, Eugen Kludt, Wiebke Middelberg, Jan Rennies-Hochmuth, Maximilian Scharf, Waldo Nogueira Vazquez, Dirk Oetting, Mark Pottek, Christiane Thiel, Anna Warzybok-Oetjen

Konzeption, Design und Umsetzung:

ideendirektoren Heinen & Laube GbR

Gefördert durch

DFG Deutsche
Forschungsgemeinschaft

im Rahmen der Exzellenzstrategie des Bundes und der Länder.

EXC 2177/1 - Project ID 390895286

Schwerhörigkeit – Wir widmen uns einem Problem von weltweiter Relevanz

1,5 Milliarden Menschen leben nach Angaben der Weltgesundheitsorganisation (WHO) mit einem Hörverlust – davon mehr als 16 Millionen Menschen in Deutschland. Obwohl unser Hörsinn zentral für unsere physische und psychische Gesundheit ist, unternimmt nur ein Drittel der Betroffenen etwas gegen ihre Hörbeeinträchtigung. Dabei kann eine unversorgte Hörminderung schwerwiegende Konsequenzen haben: von verzögerter Sprachentwicklung in der Kindheit über soziale Isolation bis hin zu Schwerhörigkeit als Risikofaktor für Demenz bei Erwachsenen. Die frühzeitige Versorgung einer Hörminderung ist eine wichtige Voraussetzung, um das Leben auch im Alter aktiv zu gestalten.

Die Standorte Oldenburg und Hannover in Niedersachsen sind seit Jahrzehnten als Garanten für audilogische Spitzenforschung bekannt. Durch das Zusammenspiel universitärer Grundlagenforschung, praxisnaher Produktentwicklung und klinischer Patientenversorgung im Verbund dieser Standorte entstehen Lösungen, die vielen Menschen helfen.

Zwei Standorte ein Ziel – Hören für alle:

Innovative Entwicklungen basieren auf langjährigen Forschungsarbeiten. Der Exzellenzcluster Hearing4all, ein von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderter interdisziplinärer Forschungsverbund unter Federführung der Universität Oldenburg, arbeitet mit Hochdruck an klinischen und praktischen Problemen rund ums Hören. Ziel ist es, die negativen Auswirkungen eines Hörverlustes auf den Einzelnen zu minimieren, indem effektive, leicht zugängliche und erschwingliche Hörlösungen für alle Menschen ermöglicht werden. Es gibt zwar bereits eine Vielzahl an Hörsystemen und diagnostischen Instrumenten, doch diese stoßen in bestimmten Situationen an ihre Grenzen oder sind nicht zugänglich. Die Forschung bildet die Basis, um neue technologische Ebenen zu erreichen.

Die Forschenden berücksichtigen auch den Teil der Bevölkerung, der einen leichten, noch nicht diagnostizierten Hörverlust hat. Indem Technologie, die ursprünglich für Hörsysteme entwickelt wurde, in konventionelle Unterhaltungselektronik (Mobiltelefone, Videokonferenzsysteme, Fernsehgeräte etc.) eingebaut wird, erarbeiten sie Lösungen, die einen Hörverlust frühzeitig auffangen.

Der Transfer in die Anwendung ist ein weiterer zentraler Baustein von Hearing4all. Die Ergebnisse der Forschung werden in Dienstleistungen und Produkte umgesetzt und gewährleisten so den anwendungsnahen Wissenstransfer in Klinik, Industrie und Hörakustik – letztlich zum Wohl der Betroffenen.

Was wir wollen:



Das auditorische System in allen Lebensaltern verstehen



Mobile Health im Hörbereich etablieren



Audiologische Präzisionsmedizin entwickeln



Die Hörsysteme der Zukunft entwickeln

Durch die Kombination von wissenschaftlich fundierten funktionellen auditorischen Diagnosemethoden mit Modellen der auditorischen Verarbeitung im normalen und hörgeschädigten Hörsystem suchen wir die effektivsten Hörlösungen und medizinischen Behandlungen für die Zukunft. Diese basieren auf hochinnovativen Algorithmen, Biomaterialien und Architekturen für künftige Generationen von individuell zugeschnittenen Hörsystemen. Das breite Spektrum des kombinierten Fachwissens aus Grundlagenwissenschaft, Ingenieurwesen und maschinellem Lernen, das auf die klinische Medizin ausgerichtet ist, ermöglicht einen personalisierten Ansatz zur Ermittlung der Ursachen von Hörschäden und ihrer Verbesserung.

1,5

Milliarden Menschen leben heute mit einem Hörverlust.

2,5

Milliarden Menschen werden im Jahre 2050 mit einem Hörverlust leben.

1^{Bill.}

Eine Billion US-Dollar Kosten verursacht unbehandelte Schwerhörigkeit jährlich weltweit.

3.

Dritthäufigste Ursache für sog. „Mit Behinderung gelebte Lebensjahre“ (YLD) ist altersbedingter Hörverlust.



Wir brauchen weltweit einen gerechten Zugang zu Dienstleistungen und Produkten rund um die Hörversorgung.

Quelle: WHO Bericht

„Health is an investment in the future: the cost of doing nothing is one we cannot afford.“

Dr. Tedros Adhanom Ghebreyesus, WHO Director-General, 2020

Hoffnung für viele – Mehr Sicherheit bei Cochlea- Implantationen

Foto: shutterstock.com/cono0430

Es gibt Hörverluste, da helfen Hörgeräte nicht weiter. Bei circa 5.000 Patienten im Jahr werden deshalb sogenannte Cochlea-Implantate (CI) eingesetzt.

Die Cochlea-Implantation ist einer der großen Fortschritte der Neuzeit bei der Behandlung von Patienten mit Hörverlust und Taubheit. Die vollständige CI-Versorgung ist chirurgisch und technisch hochspezialisiert und leider nicht immer erfolgreich.

Die Forschenden im Exzellenzcluster Hearing4all widmen sich den Lösungen für die entscheidenden Fragen rund um mehr Sicherheit bei der CI-Versorgung.

Implantationen schonend und effektiv gestalten

Auch wenn die Cochlea-Implantation in der weit überwiegenden Zahl der Fälle die Wiedererlangung des Sprachverstehens bei einer Innenohrschwerhörigkeit ermöglicht, bleibt dieser Erfolg doch in einem Teil der Fälle aus. Die Ursachen hierfür können auf der Grundlage innovativer bildgebender Verfahren besser erfasst und damit auch gezielter angegangen werden.

Ein Grund für einen unzureichenden Therapieerfolg kann in molekularen Prozessen an der Schnittstelle zwischen cochleärer Elektrode und Hörnerv liegen. Beispielsweise können Entzündungen und eine vermehrte Bindegewebsbildung zu einer Abschwächung der Übertragung elektrischer Signale führen. In Untersuchungen am Meerschweinchen hat das Team um Prof. Dr. Georg Berding gezeigt, dass ein erhöhter Zuckerumsatz in

der Cochlea als Zeichen für eine aktive Entzündung mit dem Biomarker ^{18}F -Fluorodeoxyglukose (FDG) und der Positronenemissionstomographie (PET) erfasst werden kann. Die Ergebnisse legen nahe, dass das Verfahren auch bei Patienten genutzt werden könnte, um gesteigerte Entzündungsprozesse nach einer Cochlea-Implantation zu erkennen.

Ein anderes bildgebendes Verfahren (^{15}O -Wasser PET), das die bei der Sprachverarbeitung funktional aktiven Hirnregionen darstellt, wird bereits bei Patienten mit Cochlea-Implantat eingesetzt. Auch hierbei geht es insbesondere darum, Gründe für einen unzureichenden Therapieerfolg besser zu verstehen – und zwar diejenigen, die im zentralen Nervensystem selbst liegen. Es gibt jedoch keine Methode, die ohne radioaktiven Marker auskommt und bei diesen Patienten ähnlich räumlich präzise diagnostische Ergebnisse liefert. Für einen zukünftig häufigeren Einsatz der Methode, etwa zur Verbesserung der auditorischen Rehabilitation nach Cochlea-Implantation oder auch im Rahmen der klinischen Versorgung, ist es natürlich wünschenswert, die Strahlenexposition durch die Untersuchung zu minimieren. Dies ist vor dem Hintergrund der Empfindlichkeitssteigerung moderner PET-Geräte möglich und kann durch den Einsatz von Verfahren aus dem Bereich des „Machine Learnings“ bei der Aufbereitung der Rohdaten noch weiter verbessert werden. Dies legt nahe, dass solche Verfahren es ermögli-

chen, die mit der Bildgebung verbundene Strahlenexposition ganz erheblich zu senken, sogar bis unter die natürliche jährliche Strahlenexposition.

„Hearing Holes“ überbrücken

Ein Erklärungsansatz, warum Cochlea-Implantate nicht immer so funktionieren, wie es zu erwarten ist, ist die Annahme, dass die Zellen des Hörnervs an unterschiedlichen Stellen im Innenohr unterschiedlich stark geschädigt sind. Hierzu muss man wissen, dass für die Verarbeitung der unterschiedlichen Tonhöhen zu entsprechenden Nervenimpulsen jeweils unterschiedliche Bereiche in der Gehörschnecke zuständig sind. Fallen aufgrund einer Erkrankung Teilbereiche davon ganz oder teilweise aus, so können die betroffenen Patientinnen oder Patienten bestimmte Tonhöhen nicht oder nur schlecht wahrnehmen. Diese „Hearing Holes“ führen zu erheblichen Problemen bei der Sprach- und natürlich erst recht bei der Musikwahrnehmung. Durch eine gezielte Modulation der Stimulationsimpulse eines Cochlea-Implantats ließen sich solche „Hearing Holes“ regelrecht „überbrücken“. Dafür müsste jedoch bekannt sein, wo genau der geschädigte Bereich im Innenohr liegt und wie groß seine Ausdehnung liegt.

Doch wie lässt sich dies beim lebenden Menschen herausfinden, ohne das Innenohr und seine Funktionen dabei zu zerstören? Eine Möglichkeit scheint die Auswertung von Reaktionen des Hörnervs auf Stimulationen in unterschiedlicher Frequenz und Stromstärke zu sein. Um zu überprüfen, ob sich dadurch aussagekräftige Ergebnisse erzielen lassen, wurden definierte Bereiche des Hörnervs in der Cochlea unterdrückt. Auf Basis der

analysierten Reiz-Reaktions-Kurven konnte das Team um Prof. Dr. Andrej Kral einen elektrophysiologischen Marker für die Ausdehnung der Unterdrückung identifizieren. Es wird nun überprüft, ob mit dem identifizierten elektrophysiologischen Marker auch „Hearing Holes“ im Menschen lokalisiert und in ihrem Ausmaß charakterisiert werden können.

Die sichere Identifikation der „Hearing Holes“ ist ein wichtiger Faktor zur Erklärung beobachteter Varianzen im Ergebnis einer CI-Therapie sowie ein Ansatzpunkt für gezielte Maßnahmen für eine individuell optimierte CI-Versorgung.

Mit KI zur Erfolgs-Vorhersage

Deshalb ist es wichtig, Methoden und Werkzeuge zu entwickeln, um die Faktoren besser zu verstehen, die die Behandlungsergebnisse beeinflussen und eine genauere Vorhersage der postoperativen Leistung des Cochlea-Implantats ermöglichen.

Das Team rund um Alexey Demyanchuk setzt dabei auf künstliche Intelligenz und Machine Learning. Diese Technologien sind in vielen Bereichen von großem Nutzen, und sie sollten auch in der Medizin eingesetzt werden, um den Patienten besser helfen zu können. Ziel ist die Entwicklung eines selbstlernenden Programms, das in Zukunft für die Vorhersage von Implantationsergebnissen eingesetzt werden soll. Dafür werden u.a. alle präoperativen Daten von mehr als 10.000 Patienten verwendet. Die Entwicklung solcher maschineller Lernsysteme ist ein hochgradig iterativer Prozess. Dieser umfasst die Datenverarbeitung und statistische Analyse, die Ermittlung der wichtigsten Patientenmerkmale, die bei der Vorhersage der Behandlungsergebnisse helfen, und die Durchführung von Hunderten von Experimenten



Ein Cochlea-Implantat ist eine elektronische Hörprothese, die bei defekten Haarzellen im Innenohr den intakt gebliebenen Hörnerven direkt elektrisch reizt. Das Gerät besteht aus zwei Teilen: eine Elektrode, die operativ in die Gehörschnecke (lat. Cochlea) eingeführt wird, sowie ein Sprachprozessor, der hinter dem Ohr getragen wird. Über eine Spule (mit Hilfe eines Magneten am Kopf befestigt) werden die Informationen zum Implantat übertragen. Ein CI eignet sich vorrangig für gehörlos geborene Kinder, nach dem Spracherwerb ertaubte Kinder und Erwachsene sowie hochgradig Schwerhörige.

mit verschiedenen maschinellen Lernalgorithmen, um die für die jeweilige Aufgabe am besten geeigneten zu ermitteln.

Aber es kommt nicht nur auf das korrekte Vorhersageergebnis an, sondern auch darauf, die Arbeit des maschinellen Lernsystems Patienten und anderen Beteiligten erklären zu können. Hochgradig interpretierbare Algorithmen ermöglichen es, den gesamten Weg des automatischen Systementscheidungsprozesses zu erkunden und Einblicke in die einflussreichsten Schritte während dieses Prozesses zu erhalten.

Bis heute haben die Forschenden in Hearing4all die zugrundeliegende Plattform für die Datenaufbereitung und -verarbeitung eingerichtet und das Basissystem für die Vorhersage entwickelt. Obwohl dieses Basissystem noch nicht zu 100 % korrekt ist, ermöglicht es eine weitere Iteration und die Entwicklung weiterer Versionen mit besserer Vorhersagequalität und Erklärbarkeit.

Dieses System wird im klinischen Umfeld bei der Entscheidungsfindung (pro/contra Cochlea-Implantation) helfen und zusätzliche Informationen darüber liefern, wie vorteilhaft die potenzielle Behandlung für Patienten sein wird.

Foto: iStock.com/ElizabethHoffmann



Interview mit Wiebke Middelberg

Wie können Menschen, die ein Hörgerät nutzen, einem Gespräch besser folgen? Dies ist eine Fragestellung, der zahlreiche Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in Hearing4all nachgehen. Sowohl im Bereich der Hardware als auch der Software von Hörsystemen entstehen viele neue Ansätze. Besonders erfolgreich ist der von Wiebke Middelberg: Für ihre Masterarbeit „GSC-Based Noise and Interferer Reduction for Binaural Hearing Aids Exploiting External Microphones“ im Fach Engineering Physics an der Carl von Ossietzky-Universität Oldenburg hat sie den mit 2.000 Euro dotierten dritten Platz beim ARD/ZDF-Förderpreis „Frauen + Medientechnologie“ 2022 erreicht.

Frau Middelberg, was macht das Besondere an dem von Ihnen entwickelten Ansatz zur Reduzierung von Störeffekten bei Hörsystemen aus?

Zur Reduzierung des sogenannten „Cocktailparty-Effekts“, also wenn eine Unterhaltung durch Hintergrundgeräusche oder andere Unterhaltungen gestört wird, verwenden moderne Hörgeräte sogenannte „Beamforming“-Algorithmen. Außerdem gibt es die Strategie, das Hörsystem mit anderen vorhandenen Tonsensoren, z.B. dem Mikrofon im Smartphone, zu vernetzen und damit eine verbesserte Wirksamkeit zu erzielen. Die aktuellen Beamforming-Algorithmen sind auf das Unterdrücken von Geräuschen im Hintergrund ausgelegt, unterschlagen aber oft das Problem von Störsprechern. In meiner Masterarbeit habe ich Standard-Algorithmen für akustische Sensornetze betrachtet, die nur für Störgeräusche gemacht sind, und diese in einem veränderten Szenario mit Stör-

Algorithmen für den Small Talk auf der Party



Foto: Britta Eiberger

Anerkennung von außen erhalten. Das Interesse an meiner Forschungsarbeit macht mich stolz. Den Medienanstalten geht es bei dem Preis nicht nur darum, was sie selbst technisch nutzen können, sondern auch darum, gesellschaftlich relevante Themen in den Fokus zu rücken – und die Hörforschung ist für Fernsehen oder Radio sehr relevant, denn sie hilft dabei, den Menschen diese Medien besser zugänglich zu machen.

Und als Frau in der anwendungsorientierten Physik: Wie fühlt sich das für Sie an? Ist das immer noch eine Männerdomäne?

Man merkt es schon, dass Frauen in diesem Bereich noch unterrepräsentiert sind. In meiner Familie sind viele im Bereich Physik und Ingenieurwesen tätig, für mich war es demnach immer normal und selbstverständlich, dass ich das später auch machen kann und will. Ich fühle mich nun sehr wohl in meinem Arbeitsumfeld und kann jeder jungen Frau, die Interesse hat, nur empfehlen, sich zu trauen und einen solchen Berufsweg einzuschlagen!

sprechern untersucht. Ich konnte zeigen, dass das Beamforming hier nicht gut funktioniert, und ich konnte auch mathematisch belegen, warum dies so ist. Durch Anpassung und Weiterentwicklung von anderen, auf dieses Szenario weitaus passenderen Algorithmen war es mir möglich, Störsprecher in akustischen Sensornetzen zu unterdrücken. Dies konnte ich über experimentelle Evaluation, also durch Simulation mit echten Daten, im Sprachlabor „Variable Acoustics Laboratory“ belegen.

Bei einem Förderpreis der beiden Fernsehanstalten zur Medientechnologie denkt man ja eher an Technik zur Aufzeichnung und Übertragung von Rundfunk- und Fernsehsendungen. Was hat es Ihnen bedeutet, ausgerechnet als Hörforscherin mit dem hoch angesehenen Preis ausgezeichnet zu werden?

Dieser Förderpreis hat eine sehr große Reichweite, und ich habe wahnsinnige

Portrait von Wiebke Middelberg auf Youtube®:
Ein Interview mit der Preisträgerin und dem Leiter ihrer Arbeitsgruppe, Prof. Dr. Simon Doclo, finden Sie unter <https://www.youtube.com/watch?v=s8cttONBnpk>.



Gemeinsame Daten schaffen echte Erfolgschancen

Wie Hannover und Oldenburg audiologische Daten zur Entwicklung neuer Hörsysteme nutzen.

Die Versorgung von schwerhörigen Menschen mit Cochlea-Implantaten (CI) ist seit 30 Jahren eine erfolgreiche Therapie und eröffnet diesen Menschen die Möglichkeit zu hören und vollwertig am sozialen Leben teilzuhaben. Während taube Patienten eine eindeutige Verbesserung ihres Sprachverstehens durch die Cochlea-Implantate erwarten können, fragen schwerhörnde Menschen, ob sie nach der Operation die Sprache besser verstehen werden als in der jetzigen Situation. Daher ist die Möglichkeit, den individuellen Erfolg des Eingriffs vorherzusagen, essenziell für die beratenden HNO-Ärzte und CI-Audiologen.

Die Variabilität des Hörerfolgs mit dem CI hängt von vielfältigen Faktoren ab und ist noch nicht gänzlich verstanden. Sie reichen von audiologischen Faktoren wie Dauer und Umfang der Schwerhörigkeit bis hin zu kognitiven Faktoren, begleitenden Erkrankungen und genetischen Prädispositionen. Um diese Vielfalt an Faktoren in eine individuelle Vorhersage des Hörerfolgs umzusetzen, müssen Daten von vielen Patienten und Patientinnen und aus unterschiedlichen medizinischen Bereichen zusammengeführt werden. Mit fast 10.000 implantierten CI-Tragenden ist die Medizinische Hochschule Hannover das weltweit größte

CI-Zentrum und bietet daher einen guten Datenpool für vielfältige Studien sowie Vorhersagemodelle mittels Maschinellem Lernen.

Datenverarbeitung über die Academic Cloud

Im Rahmen des Exzellenzclusters Hearing4all möchten die Forschenden die Datenbasis für die Vorhersagemodelle für das Sprachverstehen der Patienten nach einer Cochlea-Implantation erweitern und neue Möglichkeiten für die gemeinsame Nutzung der audiologischen Daten (zum Beispiel in der „Virtual Hearing Clinic“) eröffnen. Das Zusammenführen von klinischen Daten aus mehreren Standorten stellte sie vor zwei Herausforderungen: Erstens müssen die personenbezogenen Daten der Patienten geschützt bleiben, zweitens hat jede Klinik eine eigene Datenstruktur für ihre klinischen Daten, so dass vor einer Zusammenführung der Daten diese Datenstrukturen angeglichen werden müssen.

Beide Probleme konnten mit Hilfe von „Academic Cloud“, dem nicht-kommerziellen Cloud-Speicherdienst der niedersächsischen Universitäten, unter Einhaltung der strengen Richtlinien zu Datenschutz und Datensicherheit gelöst werden. Die Academic Cloud dient in-

nerhalb des Exzellenzclusters als Plattform, um sowohl die Dokumentation der Datenstrukturen zu teilen als auch sicherzustellen, dass nur vollständig anonymisierte Daten zwischen den einzelnen Standorten ausgetauscht werden. Die Abläufe zur Auswertung sind in der Abbildung dargestellt. In der Academic Cloud ist eine Dokumentation der vorhandenen Datenstrukturen (Data Dictionary) und ein synthetischer Datensatz (fiktive Daten, die nur die Struktur der echten Patientendaten wiedergeben) für die Forschenden verfügbar. Diese können genutzt werden, um auf deren Grundlage eigene Auswertungsroutinen zu schreiben, die auch auf echte, pseudonymisierte Patientendaten angewendet werden können. Diese Auswertungsroutinen werden dann über die Academic Cloud in das „Data Warehouse“ übertragen und dort ausgeführt. Bei der Ausführung wird sichergestellt, dass die erzeugten Tabellen und Abbildungen keine personenbezogene Daten der Patienten mehr enthalten. Diese anonymisierten Daten werden dann auf die Academic Cloud hochgeladen und stehen dann den Forschenden zu Verfügung. Sie können genutzt werden, um die Ausführungsroutinen für den nächsten Durchlauf anzupassen, oder für die Publikation der gewonnenen Erkenntnisse.

Von der Insellösung zu Open Science

Das vorliegende Modell ist vorerst eine Insellösung für Hearing4all. Die zukünftige Herausforderung ist jedoch die Zusammenarbeit zwischen weiteren (auch internationalen) wissenschaftlichen und klinischen Standorten. Hier wird es notwendig werden, die Datenstrukturen in offene Formate zu überführen, die sowohl eine gemeinsame Auswertung vor einer Publikation als auch die Veröffentlichung der zugrunde liegenden Daten zusammen mit der Publikation ermöglichen. Ein vielversprechender Ansatz ist „openEHR“. Dies ist eine offene Standardspezifikation, die die Verwaltung, Speicherung, den Abruf und den Austausch von Gesundheitsdaten in einem offenen und herstellerunabhängigen „electronic health record“ regelt.

Der Einsatz von offengelegten und gemeinsamen Datenstrukturen wird es ermöglichen, Daten aus vielen Standorten zusammenzulegen, um verlässlichere Vorhersagemodelle zu bauen. Er wird auch ermöglichen, dass einmal veröffentlichte Daten nicht nur für die jeweilige Publikation zu Verfügung stehen, sondern auch von zukünftigen Forschenden in anderen Fragestellungen wiederverwendet werden können.

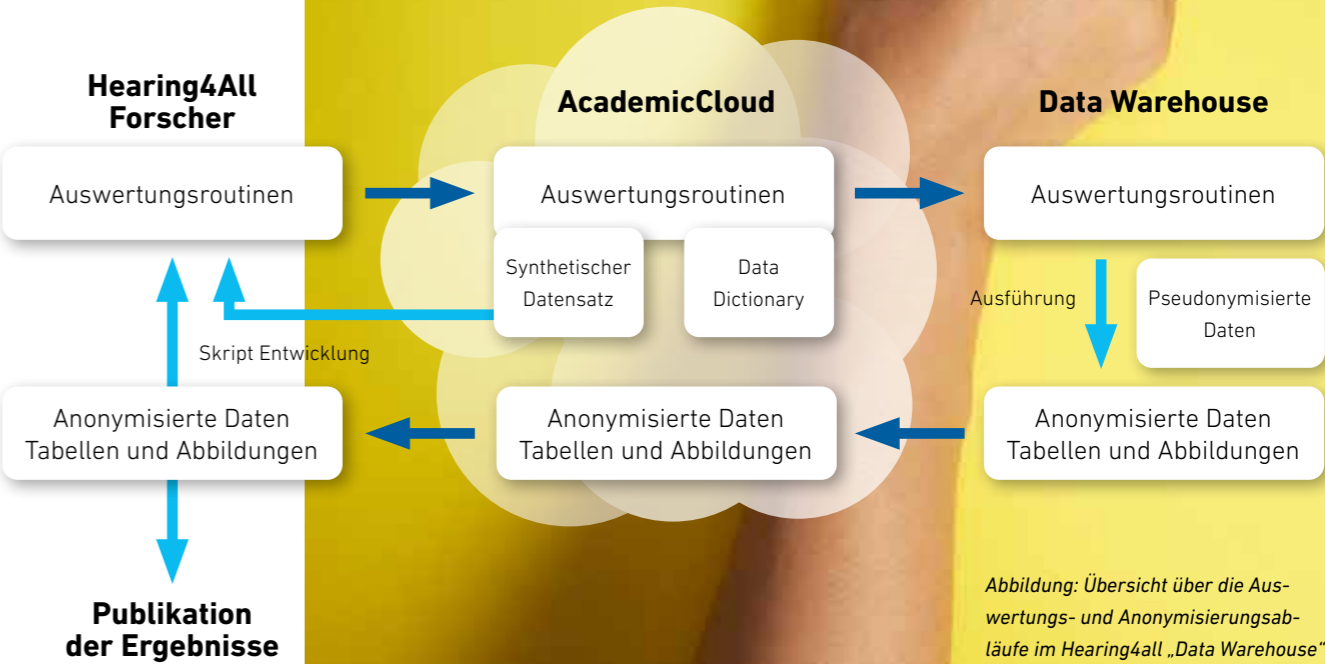


Abbildung: Übersicht über die Auswertungs- und Anonymisierungsabläufe im Hearing4all „Data Warehouse“

Messtechniken in der Hörgeräteanpassung:

Die goldene Formel für die optimale Hörsystemeinstellung bleibt eine Herausforderung!

Unsere Hörwahrnehmung ist so individuell wie ein Fingerabdruck. Ob wir beim Musikhören viel Bass mögen oder lieber viele Höhen, welche Instrumente für uns schöner klingen oder welche Geräusche uns von konzentrierter Arbeit abhalten, unterscheidet sich so sehr zwischen unterschiedlichen Menschen, dass es bisher kaum möglich ist, diese persönlichen Klangpräferenzen zu „messen“.

Hören – vom Labor in den Alltag

Das hat auch Auswirkungen auf die Hörforschung. Denn genauso individuell ist es, welchen Einfluss eine in der Klinik messbare Hörminderung auf die Wahrnehmung von z.B. Sprache oder Musik hat. Das, was in den Hörlaboren gemessen wird, drückt nur für ganz bestimmte Hörsituationen aus, welche Klänge nicht mehr oder anders als „normal“ wahrgenommen werden. Deshalb ist es auch so schwierig, Hörsysteme auf die individuellen Nutzenden einzustellen. Häufig wird dabei hauptsächlich die Hörschwelle gemessen, also der Pegel, ab dem man bestimmte Frequenzen überhaupt hören kann. Daraus werden dann in einem ersten Schritt Einstellungen für die Hörsysteme abgeschätzt und die Nutzenden müssen ausprobieren, wie zufrieden sie mit dem Klang sind. Anhand ihrer Berichte verändern dann die Hörsystemexperten die Einstellungen der teilweise hochkomplexen Technologien, etwa zur

„Unsere Hörwahrnehmung ist so individuell wie ein Fingerabdruck.“

Verstärkung der Klänge, zur Unterdrückung von Rückkopplungen oder zum Entfernen von Störgeräuschen. Die neuen Einstellungen werden wieder ausprobiert, Probleme und Erfahrungen berichtet, die Einstellungen erneut angepasst...

Häufig sind viele Iterationen nötig, bis die Einstellungen gefunden wurden, die den Nutzenden im Alltag am besten helfen. Das kann langwierig sein und zu Unzufriedenheit führen. Und selbst wenn man nicht nur die Hörschwelle misst, sondern modernste Messmethoden zur Erfassung des individuellen Hörprofils anwendet – noch immer verpassen wir etwas, noch immer bleibt die goldene Formel zum Finden der besten Hörsystemeinstellungen eine Herausforderung.

Hörsysteme selbst anpassen

Im Exzellenzcluster Hearing4all wird deshalb nicht nur an den Technologien der Hörsysteme selbst geforscht, sondern auch an Methoden, die die Anpassung dieser Technologien an das individuelle Gehör optimieren können. Ein vielversprechender Ansatz dabei ist es, die Auswirkungen der Klangveränderungen auf die Wahrnehmung direkter zu

erfassen als durch Erfahrungsberichte aus dem Alltag. Hierfür entwickeln die Forschenden Bedienschnittstellen, mit denen die Nutzenden auch komplexe Hörsystemtechnologien selbst einstellen können. Die Forschung zeigt, dass dabei besonders solche Ansätze vielversprechend sind, bei denen man die Einstellungen in Echtzeit verändern kann und unmittelbar erlebt, welche Auswirkungen das auf den Klang hat – ähnlich wie bei der Lautstärke auf der Fernbedienung, nur eben mit viel komplexeren Hörsystemen und Einstellmöglichkeiten. Und in dieser Komplexität liegt die große Herausforderung. Denn natürlich sind die Menschen, die Hörsysteme nutzen, keine Experten der eingebauten Technologien. Und natürlich möchte man nicht zu viel Zeit damit verbringen müssen, die besten Einstellungen zu finden oder andauernd nachregeln zu müssen. Die Art und Weise der Bedienung spielt daher eine entscheidende Rolle für dieses Konzept der Selbstanpassung. Erforscht wird, wie man auch komplexe Technologien so leicht einstellbar machen kann, dass die Nutzenden selbst bei der Anpassung mitwirken können. Das kann gemeinsam mit den Experten und Expertinnen erfolgen und in der Zukunft womöglich die bisher notwendigen und langwierigen Wiederholungen von Ausprobieren und Nachjustierung verkürzen. In manchen Anwendungen kann Selbstanpassung auch so weit gehen, dass die Einstellungen ganz ohne Experten und Expertinnen auskommen. Dieselben Konzepte können dann auch Eingang in Geräte finden, die gar keine Medizinprodukte zum „Wiederherstellen“ der Kommunikationsfähigkeit sind, sondern schon heute in unserem Alltag allgegenwärtig sind. Technologien und Anpassverfahren aus der Hörforschung finden so auch Eingang in z.B. Kopfhörer oder Soundsysteme in Autos und ermöglichen es, den Klang intuitiv und besser an die individuellen Vorlieben anzupassen, egal ob man an einer Hörminderung leidet oder nicht – also wirklich „Hearing4all“.

Die Forschungsschwerpunkte von **Hearing4all**

Forschungsschwerpunkt I:

Warum fällt es uns mit dem Alter immer schwerer, einer Konversation in einer lauten Umgebung zu folgen, und wie verändert sich unser Gehirn, wenn das Ohr aufgrund von angeborener Taubheit oder Altersschwerhörigkeit Sinnesindrücke nur zum Teil aufnimmt?

Mit diesen und anderen Themen beschäftigen sich die Forschenden im Teilbereich „Auditorische Verarbeitungsdefizite über die Lebensspanne“. Konkret geht es zum Beispiel um das Verständnis, was sich bei angeborener Taubheit auf den verschiedenen Verarbeitungsstufen des Hörsystems verändert und wie dies durch Hörhilfen wie Cochlea-Implantate verbessert werden kann.

Auditorische Verarbeitungsdefizite über die Lebensspanne

IT-gestützte Diagnose und Rehabilitation

Forschungsschwerpunkt II:

Viele Menschen mit einem beginnenden, leichten oder mittleren Hörverlust suchen zu spät Hilfe, oder sie nutzen ihr vorhandenes Hörgerät nur selten. Um dieses Defizit zu überwinden, entwickeln die Forschenden ein umfassendes System von mehrsprachigen Diagnosemethoden, funktionalen auditiven Modellen und Hörgeräteanpassungswerkzeugen für Smartphone-basierte Geräte in Kombination mit datengesteuerten, maschinenlesegestützten Inferenztechniken. Diese werden für selbstgesteuerte Hörtests sowie für die individuelle Anpassung von Hörgeräten zur Linderung von Schallempfindungsschwerhörigkeit eingesetzt.

Die Herausforderung

Viele Menschen mit einem beginnenden, leichten oder mittleren Hörverlust suchen zu spät Hilfe. Das hat verschiedene Ursachen – zum einen liegt es an einem geringen öffentlichen und individuellen Bewusstsein für bestehende Hörprobleme und deren Folgen. Zum anderen ist international betrachtet häufig auch eine fehlende Erreichbarkeit professioneller Hilfe und Einschränkungen bei der Diagnose die Ursache. Darüber hinaus gibt es noch großes Verbesserungspotenzial im Bereich der individuellen Anpassung und hinsichtlich der Funktionalitäten von Hörgeräten zur Linderung von Schallempfindungsschwerhörigkeit.

Unser Ansatz

Bahnbrechende daten- und modellgetriebene Ansätze für selbstgesteuerte Hörtests und die Anpassung von Hörgeräten werden für Menschen mit einem beginnenden, einem leichten oder mittleren Hörverlust vorangetrieben.

Wir wollen:

» eine mehrsprachige „virtuelle Hörklinik“, die jedem Smartphone-Nutzenden einen niederschweligen, erschwinglichen Zugang und eine grundlegende Hörunterstützung bietet.

» die Entwicklung eines umfassenden Systems von mehrsprachigen Diagnosemethoden, funktionalen auditiven Modellen und Hörgeräteanpassungswerkzeugen für Smartphone-basierte Geräte in Kombination mit datengesteuerten, maschinenlesegestützten Inferenztechniken.

» die Einrichtung eines geeigneten „großen“ audiologischen Datenpools, um mögliche Zusammenhänge zwischen den Parametern „Audiologisches Screening“, „Diagnose“ und „Hörgeräte-Nutzen“ zu quantifizieren und damit die in Hearing4all entwickelten Prognosen des Hörmodells zu überprüfen oder zu verfälschen.

Forschungsschwerpunkt III:

Im Forschungsschwerpunkt III „Auditorische Präzisionsmedizin“ entwickeln die Forschenden nicht nur neuartige Hörsysteme, sondern kombinieren diese auch mit einer tiefgehenden Diagnose. Stichwort hier sind die „Closed-Loop-Systeme“, bei denen das Hörsystem wie eine Sonde funktioniert und Informationen aus dem Hörvorgang zurückmeldet. Schließen wollen die Forschenden die aktuellen Versorgungslücken mit dem sogenannten Auditory-Nerv-Implantat (ANI) und weiteren Verbesserungen beim schon bestehenden Auditorischen Mittelhirn-Implantat (AMI).

Auditorische Präzisionsmedizin

Hörsysteme der Zukunft

Forschungsschwerpunkt IV:

Die Forschung in diesem Schwerpunkt zielt auf die Entwicklung von neuen Technologien für Hörsysteme durch innovative Sensor-, Signalverarbeitungs- und Stimulationsprinzipien, die gemeinsame Entwicklung von Hardware, Software und Algorithmen sowie die individualisierte Systemintegration. Mit seinem transferorientierten Ansatz trägt der Forschungsschwerpunkt zur konkreten Umsetzung der in den anderen Forschungsschwerpunkten erarbeiteten Konzepte und Verfahren bei. So gelingt es, neue Hörsysteme zu entwickeln, die den Nutzerinnen und Nutzern durch den Einsatz intelligenter Software-Schnittstellen individuelle Steuerung und Anpassung ermöglichen.

Die Arbeit der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in Hearing4all umfasst verschiedene wissenschaftliche Disziplinen und ein breites Spektrum von den neurobiologischen und neuropsychologischen Grundlagen bis hin zur Entwicklung von Prototypen und der Anwendung neuer Produkte und Verfahren in der klinischen Praxis. Die Projekte sind den vier Forschungsschwerpunkten des Clusters zugeordnet.

Prozessortechnik für die Hörgeräte-Software der nächsten Generation

Interview mit Prof. Dr.-Ing. Holger Blume vom Institut für Mikroelektronische Systeme der Leibniz Universität Hannover

Hörsysteme der Zukunft brauchen Prozessoren mit hoher Rechenleistung, die genau auf die speziellen Bedürfnisse abgestimmt sind. Im Rahmen von Hearing4all werden solche Prozessoren am Institut für Mikroelektronische Systeme (IMS) der Leibniz Universität Hannover entwickelt. Wir sprachen dazu mit Prof. Dr.-Ing. Holger Blume, dem Leiter des Projekts.

Der Prozessormarkt ist riesig. Warum kann man für ein Hörgerät oder ein Cochlea-Implantat nicht einfach ein Produkt „von der Stange“ nehmen?

Hörgeräte und Cochlea-Implantate (CI) stellen sehr spezielle Anforderungen an die Leistungsfähigkeit von Prozessoren. Dazu gehört zum Beispiel die extrem limitierte Verlustleistungsaufnahme. Gleichzeitig wächst der Bedarf an Rechenleistung ständig. Die Latenzzeiten, also die Zeiten, in denen Sprachsignale verarbeitet werden, müssen extrem gering sein. Das kann man mit einem Prozessor „von der Stange“, der für andere Anwendungen entworfen wurde, in so einem herausfordernden System wie einem Hörgerät, das ja auch möglichst klein und unauffällig sein soll, nicht realisieren.

Auch die großen Hersteller von Hörsystemen entwickeln eigene Prozessoren. Dann könnte man doch deren Produkte für die Forschung an Hochschulen einsetzen?

Der Markt für Hörgeräteprozessoren ist überschaubar. Es gibt insbesondere nur wenige Prozessormodelle, die frei verfügbar sind, so dass sie in der Forschung eingesetzt werden können. Wir wollen zudem im Cluster Hearing4all neue, moderne Algorithmen mit hohen Anforderungen an Effektivität und Rechenleistung realisieren, für die die existierenden Modelle nicht ausgelegt sind. Es bleibt uns letztlich nur, dass wir eigene Hardware entwickeln, die diese Möglichkeiten schafft. Für uns Forschende im Bereich der Mikroelektronik ist

es natürlich hoch interessant, dass wir an diesem „Vehikel“ eines Hörgeräteprozessors demonstrieren können, wohin die neuesten technischen Entwicklungen gehen und wo die Grenze des Machbaren zur Zeit ist.

Wie ist es Ihnen gelungen, mit dem Hochleistungsprozessor neue Standards zu setzen?

Unsere Kolleginnen und Kollegen in Oldenburg haben viele innovative Algorithmen zur Verarbeitung von Sprachsignalen in Hörsystemen entwickelt. Deren Code „profilen“ wir, indem wir nach denjenigen Operationen oder Operationskombinationen suchen, die sehr häufig ausgeführt werden müssen oder sehr viele Taktzyklen erfordern, also letztendlich den „Flaschenhals“ im Rechenprozess darstellen. Und genau dafür designen wir dann spezifische Hardwareerweiterungen, wir nennen das „custom instructions“. Dadurch kommen viele Berechnungen mit weniger Taktzyklen aus, als sie auf einem herkömmlichen Hörgeräteprozessor erforderlich wären.

Ein weiterer Ansatz ist, dass wir moderne Schaltungstechnikkonzepte und Technologiekonzepte verwenden, wie z.B. die sogenannte „Fully Depleted Silicon on Insulator-Technologie“ (FDSOI). Das bedeutet, dass man Halbleiterstrukturen verwendet, bei denen unter der aktiven Siliziumfläche noch eine „vergrabene“, isolierende Oxidschicht liegt. Das reduziert die Leckströme, die vom aktiven Transistor ins Substrat abfließen, und damit die Verlustleistungsaufnahme.

Ein drittes Beispiel für eingesetzte Technologien ist die gezielte Vorspannung des Halbleitersubstrats, das nennt man „adaptive body-biasing“. Je nachdem, ob mehr Rechenleistung oder höhere Energieeffizienz benötigt wird, wird das Substrat positiv oder negativ vorgeladen. Dadurch lassen sich dynamisch im Betrieb Rechenleistung und Energieverluste regulieren.

Wird man die in Hearing4all entwickelten Prozessoren irgendwann in ein Hörgerät eingebaut auf dem Markt erwerben können?

Das erste in Hearing4all entwickelte Prozessormodell, der KAVUAKA-Prozessor, war und ist ein reiner Forschungs-Chip. Diesen Prozessor wird man nicht in einem kommerziellen Produkt sehen. Zu ihm gibt es nicht das für die kommerzielle Nutzung erforderliche „Ökosystem“ von Softwaretools wie Compilern, Debuggern oder Linkern.

Mit KAVUAKA als Grundlage ist das BMBF-geförderte Spin-off-Projekt „SmartHeAP“ (Smart-Hearing

anpassbare Software-Umgebung und verschiedene Kommunikationsschnittstellen. Ebenfalls sind 2MB schneller SRAM-Speicher integriert, was ein absolutes Alleinstellungsmerkmal für Hörgeräteprozessoren ist. Im Moment laufen erste Funktionstests mit Partnern aus der Cochlea-Implantat-Industrie. Wir sind überzeugt, dass wir ein wirkliches Leading-Edge-Produkt geschaffen haben und hoffen, dass dieser Chip vielleicht noch mit herstellerspezifischen Ergänzungen oder Modifikationen in Serie gehen kann.

Wie wird es an Ihrem Institut mit der Chip-Entwicklung weitergehen?

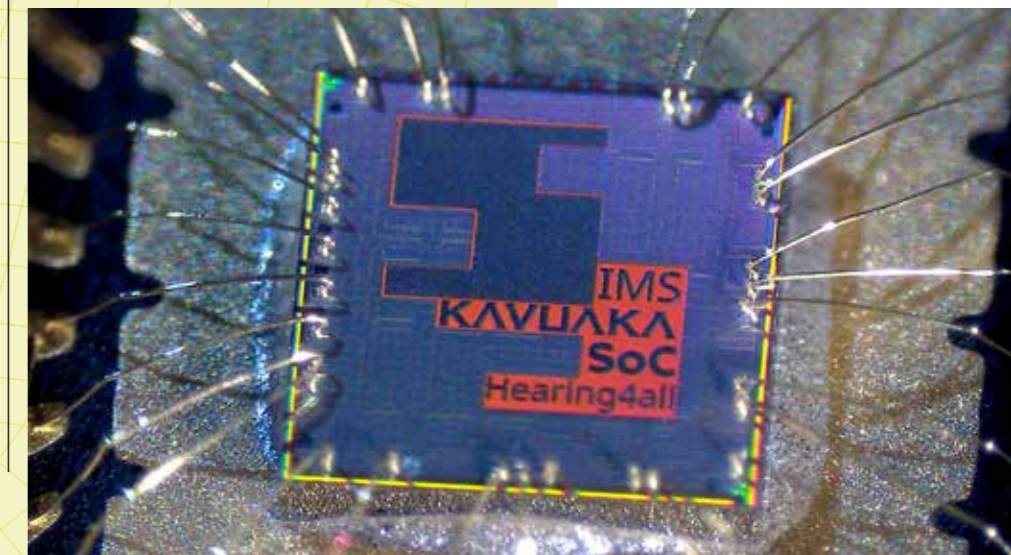
Die aktuelle Forschung in Hearing 4all zur auditorischen Signalverarbeitung zeigt, dass auf künstlicher Intelligenz (KI) basierende Algorithmen auch im Hörgeräte- und im CI-Bereich kommen werden. Für die Chips braucht es dann KI-spezifische Akzeleratoren, die wie eine Art Co-Prozessor neben die Basis-Prozessorarchitektur gesetzt werden. Genau damit befassen wir uns in Hearing4all 2.0. Wir werden im nächsten Jahr einen Demonstrator-Chip mit einem hörgeräte-spezifischen KI-Akzelerator implementieren und dann auch demonstrieren.

Foto: iStock.com/Alex Sholom



Holger Blume, Jahrgang 1967, studierte Elektrotechnik an der Technischen Universität Dortmund. Nach seiner Promotion 1997 wechselte er an die RWTH Aachen, wo er 2008 am Lehrstuhl für Allgemeine Elektrotechnik und Datenverarbeitungssysteme habilitierte. Im gleichen Jahr folgte er einem Ruf an die Leibniz Universität Hannover, wo er seitdem als Professor für „Architekturen und Systeme“ und als geschäftsführender Leiter des Instituts für Mikroelektronische Systeme (IMS) tätig ist. Seit 2021 ist er darüber hinaus Vizepräsident für Forschung und Transfer der Leibniz Universität Hannover.

Fotos: LUH



Könnst ihr mich hören?

Wir alle kennen solche Onlinekonferenzen: Der Mensch auf der anderen Seite der Leitung oder man selbst ist aus irgendwelchen Gründen sehr schlecht zu verstehen. Keine Änderung der Einstellungen hilft, das Problem zu lösen. Die einzige Möglichkeit: ins Mikrophon brüllen. So funktioniert es dann irgendwie. Dass wir es hier mit einem sehr interessanten Effekt zu tun haben, wissen jedoch die Wenigsten.

Auf den ersten Blick ist ja auch nichts verwunderlich. Wenn auf der einen Seite in das Mikrophon geschrien wird, kommt auf der anderen Seite auch alles lauter an und ist dann natürlich besser zu verstehen, oder? Bei genauerer Betrachtung ist das jedoch nicht der Grund, warum geschriene Sprache bei Onlinekonferenzen besser zu verstehen ist. Plattformen wie Zoom®, Teams® oder Skype® nutzen sogenannte automatische Lautstärkereger, die die übertragenen Sprach-Aufnahmen auf eine einheitliche Lautstärke für alle Zuhörenden einstellen.

Wenn die Aufnahmen also tatsächlich nicht lauter ankommen, warum hilft es dann manchmal, ins Mikrophon zu brüllen? Die Antwort ist in der Wissenschaft schon seit einer Weile bekannt. Es handelt sich um den Effekt der erhöhten Sprechanstrengung.

Lombard-Effekt
... nach dem französischen Wissenschaftler Étienne Lombard benannt, bezeichnet die Beobachtung, dass ein Sprecher bei Vorhandensein von Hintergrundgeräuschen seine Lautstärke und meist auch seine Tonlage erhöht.

Im Rahmen von Hearing4all befasst sich Maximilian Scharf in seiner Promotion mit dem etwas weiter gefassten, sogenannten Lombard-Effekt in tonalen und nicht-tonalen Sprachen. Der Lombard-Effekt beschreibt die mehr oder weniger bewusste, geschriene Kommunikation von Menschen in lauten Umgebungen, wie zum Beispiel bei einer Party.

Angestregteres Sprechen hat die Eigenschaft bei Hintergrundgeräuschen besser verständlich zu sein, selbst wenn die damit verbundene, höhere Lautstärke gar nicht beim Zuhörenden ankommt, da sie eben mit einem Lautstärkereger auf den gleichen Pegel wie normale (also nicht geschriene) Sprache eingestellt wird. Messen kann man das, indem man untersucht, bei welchem Verhältnis der Pegel von Signal und einem Störgeräusch die Sprache noch verstanden wird. Quantifiziert wird dieses Verhältnis durch den „Sprachverständlichkeitsschwelle“ für 50% fehlerfrei übertragene Information. Das heißt

Was den
Lombard-
Effekt mit
Onlinekonfe-
renzen verbindet.

bei welchem Verhältnis von Signal und Störgeräusch werden noch 50 % der Sprache verstanden?

Warum kommt es aber zu einer Verringerung der Sprachverständlichkeitsschwelle bei erhöhter Sprechanstrengung? Neben der offensichtlich gesteigerten Lautstärke unterscheidet sich normale Aussprache von gebrüllter Sprache akustisch unter anderem in einer Verschiebung der Grundfrequenz und dem Spektrum der Stimme, den sogenannten Formanten, hin zu höheren Frequenzen. Basierend auf Untersuchungen mit computergestützten Modellen wissen die Forschenden nun, dass diese Verschiebung des Spektrums ausschlaggebend für die gesteigerte Verständlichkeit bei erhöhter Sprechanstrengung ist.

Ob dies nun auch für sogenannte tonale Sprachen wie beispielsweise Chinesisch und Kantonesisch der Fall ist, ist eine Frage, die Maximilian Scharf unter anderem in seiner Forschungsarbeit beantworten möchte. Tonale Sprachen haben die Eigenschaft, eine große Menge an Information in der Betonung einzelner Silben zu kodieren.

Wenn Sie also das nächste Mal während einer Onlinekonferenz eine schlechte Verbindung haben, denken Sie gerne einmal an den Lombard-Effekt und warum es manchmal doch helfen kann, ein wenig energischer ins Mikrophon zu sprechen. Letztendlich wollen wir alle nur verstanden werden.

Fotos: iStock.com/Sofulka

Nicht zuletzt aufgrund der Förderung durch die DFG hat sich Oldenburg zu einem bedeutenden Standort der Hörforschung entwickelt, an dem zum Exzellenzcluster im Jahr 2018 noch der Sonderforschungsbereich (SFB) 1330 „Hörakustik: Perzeptive Prinzipien, Algorithmen und Anwendungen“ (kurz HAPPAA genannt) hinzugekommen ist. Beide Forschungsverbünde ergänzen sich in der Arbeit – der SFB betreibt Grundlagenforschung zur Verbesserung der akustischen Kommunikation in realen Umgebungen durch elektroakustische Geräte und erarbeitet eine umfassende Basis für eine verbesserte Entwicklung und Evaluation von Hörgeräten, die in Hearing4all bis hin zur Anwendungsreife weiterentwickelt werden.

Fokus des SFBs ist die menschliche Sprachkommunikation, die von einer Reihe von Faktoren wie schwierigen Hörsituationen bei gesellschaftlichen Zusammenkünften, komplexer Raumakustik, allgegenwärtigem Lärm und Nachhall herausgefordert wird. Diese Faktoren erschweren die akustische Kommunikation insbesondere bei Menschen mit Hörbeeinträchtigung, und trotz der enormen Fortschritte durch die Einführung der digitalen Signalverarbeitung bieten aktuelle elektroakustische Hörhilfen nur einen begrenzten Vorteil. Ein wesentlicher Grund dafür ist, dass die Wechselbeziehung zwischen diesen herausfordernden Faktoren, der Gerätefunktion und den individuellen Hördefiziten nicht ausreichend verstanden ist. Insbesondere wird bei der Entwicklung aktueller Geräte passives Hören angenommen, wohingegen die Kommunikation im realen Leben ein aktives Zuhören erfordert. Ein Beispiel dafür sind Kopfbewegungen zur optimalen Positionierung relativ zur Schallquelle, wodurch Vorteile der binauralen Wahrnehmung genutzt und angemessenes Handeln ermöglicht werden. Die akustische Kommunikation erfolgt demnach in einer Schleife, die das Schallfeld, das Gerät sowie die Wahrnehmung und die Aktivität des Nutzers/der Nutzerin umfasst. Der SFB geht weit über die bisherige Forschung hinaus, indem er diese akustische Kommunikationsschleife systematisch untersucht und für die Hörmodellierung sowie für die Entwicklung und Evaluation von Hörgeräten berücksichtigt. Der SFB erreicht damit ein grundlegend besseres quantitatives Verständnis der Prinzipien, die der Verarbeitung komplexer akustischer und audiovisueller Szenen zugrunde liegen. Mit der

Implementierung dieser Erkenntnisse in Algorithmen zur Wahrnehmungsverbesserung bei der akustischen Kommunikation und deren Evaluation für unterschiedliche Anwendungen in der Unterhaltungselektronik sowie für assistive Systeme und Hörgeräte legt der SFB die Grundlagen für eine verbesserte Hörunterstützung. Darüber hinaus werden neue laborbasierte „subject-in-the-loop“-Messverfahren unter Verwendung audio-visueller virtueller Realität etabliert, die die Probanden in eine simulierte Kommunikationsschleife einbinden. Dies stellt die ökologische Validität sicher: Die Laborergebnisse spiegeln die hörbezogene Kommunikationsleistung unter realen Bedingungen in einem höheren Maße wider als frühere experimentelle Ansätze. Zur Erreichung seiner Ziele verbindet der SFB verschiedene Disziplinen, insbesondere Akustik, Psychoakustik, Audiologie, Ingenieurwissenschaften und physikalische Modellierung. Die Forschungsergebnisse sind hoch relevant für unsere alternde Kommunikationsgesellschaft.

Disziplinübergreifende Forschung für eine alternde Gesellschaft

Von der Erkenntnis zum Produkt:

Weil laut nicht gleich laut ist

Viele Hörgeräteträger sind unzufrieden mit dem Hörkomfort, weil es ihnen bei bestimmten lauten Signalen oft zu laut wird. Die primäre Leistung eines Hörgeräts und die große Kunst bei der Anpassung ist es, leise Signale durch Verstärkung wieder hörbar zu machen, ohne gleichzeitig laute Signale zu sehr zu verstärken. Diese Eigenschaft von Hörgeräten, leise Signale mehr zu verstärken als laute Signale, bezeichnet man als Kompression. Um die Verstärkung und die Kompression optimal auf den einzelnen Schwerhörenden einzustellen, benötigt man ein gutes Verständnis der Lautheitswahrnehmung bei Schwerhörenden und Normalhörenden. Bisher nahm man an, dass die Lautheitswahrnehmung mit beiden Ohren im Wesentlichen direkt aus der Wahrnehmung des linken und rechten Ohrs ableitbar ist.

Bereits 2013 ließen uns Erkenntnisse aus einer Doktorarbeit im Exzellenzcluster Hearing4all diese Annahme jedoch infrage stellen. Über die Jahre wurden dazu immer mehr Daten aufgenommen. Heute wissen wir, dass bei circa 25 % der Menschen mit Hörschädigung eine Überempfindlichkeit bei lauten breitbandigen Geräuschen vorliegt – wie zum Beispiel Umgebungsgeräusche oder Sprache. Dieser Effekt zeigt sich besonders deutlich, wenn sie binaural, d. h. an beiden Ohren gleichzeitig angeboten werden. Diese Überempfindlichkeit bleibt in der Praxis der Hörgeräteanpassung oft unentdeckt, da bisherige Verfahren zur Vermessung des Gehörs vorwiegend Töne oder andere schmalbandige Signale verwenden, die z. B. mit einer Trillerpfeife vergleichbar sind, und seitengesondert (monaural) angeboten werden. Damit wird das individuelle Lautheitsempfinden für häufig vorkommende breitbandige Alltags-Signale wie Sprache oder Umgebungsgeräusche bei beidseitiger (binauraler) Hörgeräte-Versorgung nicht richtig berücksichtigt. Das führt dazu, dass trotz intensiver Anpassungsbemühungen Hörgeräte oft als „zu laut“ empfunden werden und die Zufriedenheit sinkt.

In den weiteren Studien haben unsere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler diesen Effekt systematisch untersucht und zahlreiche Erkenntnisse gewonnen. Bei Probanden, die sich über eine fehlerhafte Einstellung des Hörgeräts beklagen („zu laut“), liefert diese neue Messung genau die entscheidenden Informationen darüber, wie man das Hörgerät besser auf das individuelle Gehör einstellen kann, indem Korrekturen zu den Verstärkungswerten berechnet werden. Wer eine erhöhte breitbandige, binaurale Lautheitswahrnehmung hat, braucht im Hörgerät – trotz ggf. vorhandenem hohen Hörverlust! – weniger starke Verstärkung und eventuell deutlich mehr Kompression.

Diese einfache, aber dennoch bahnbrechende Erkenntnis galt es im nächsten Schritt in die Praxis zu überführen. Gemeinsam mit dem Translationspartner Hörzentrum Oldenburg gGmbH (früher HörTech gGmbH) wurde die technische Realisierung geprüft und eine erste Version der Software entwickelt.

Im engen Austausch mit Hörgeräteherstellern und Hörakustikern hat das Translational Research Centre die ökonomische Machbarkeit und Skalierbarkeit bewertet sowie die Akzeptanz bei den Anwendern (Hörakustikern) und den Hörgeräteträgern untersucht. Hierzu wurden verschiedene Machbarkeitsstudien und Kooperationsprojekte mit diesen Partnern durchgeführt. Eine Software, die im Forschungsalltag gut funktioniert, ist

„Der neue Blick auf Lautheit ist eine kleine Revolution im Bereich der Hörgeräteanpassung.“

Als Industriepartner von Anfang an diese Erkenntnis hin zum Produkt zu begleiten, war eine tolle Erfahrung für uns. Wir sind stolz diese Innovation als erster Anbieter auf den Markt zu bringen.“

Harald Bonsel, Acousticon.

jedoch noch lange nicht bereit für den Einsatz in der Praxis außerhalb des Labors. Hier spielen insbesondere Usability, Ergebnisdarstellung und Zeitfaktoren eine relevante Rolle. Auf der Basis von entsprechenden Studienergebnissen konnte z. B. die erforderliche Dauer für die Messungen zur Bestimmung des binauralen, breitbandigen Lautheitssummationseffekts von 45 auf ca. 8 Minuten reduziert werden, ein wesentlicher Schritt zur Praxistauglichkeit.

Bei der Entwicklung war mit der Acousticon GmbH ein langjähriger Partner des Hörzentrums Oldenburg eng an der Seite von Hearing4all. Als Vorreiter auf dem Markt der Audiometerhersteller nimmt Acousticon die Messung und die daraus folgende Anpassvorschrift für Hörgeräte mit in seine Produkte auf. Knapp 10 Jahre nach dem ersten auffälligen Datenbefund im Labor wurde 2022 das erste Produkt mit einer korrigierten individuellen Lautheitseinstellung für Hörgeräte („true-LOUDNESS“) auf den Markt kommen. So wird das individuelle Hören mit Hörgerät für eine Vielzahl von Menschen verbessert.



Das Translational Research Centre – Brücke zur Industrie:

Der Transfer von der Forschung in die Praxis hat im Cluster Hearing4all einen zentralen Stellenwert, denn nur dadurch kann die Vision „Hören für alle“ Wirklichkeit werden.

Diese wichtige Aufgabe koordiniert das Translational Research Center (TRC) mit Sitz in der Hörzentrum Oldenburg gGmbH. Das TRC unterstützt die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler bei der Identifizierung schutzrechtswürdiger Ergebnisse, vermittelt zwischen den verschiedenen Stakeholdern (Wissenschaftlern, Gremien und Transferstellen der Universitäten) und unterstützt diese bei der Vertragsgestaltung mit der Industrie. Das TRC hilft Hearing4all dabei, aus Grundlagenerkenntnissen praktisch anwendbares Wissen zu machen und dieses auch zu vermitteln. Hierzu werden im TRC Drittmittelprojekte zur angewandten Forschung eingeworben. Ferner initiiert das TRC industrie-finanzierte Auftragsforschungsprojekte, die an die im Exzellenzcluster gewonnenen Ergebnisse anknüpfen, um diese produktspezifisch weiterzuentwickeln.

Unserem Nachwuchs gehört die Zukunft

Was kommt eigentlich nach der Promotion? Diese Frage stellen sich alle, die am Anfang ihrer Laufbahn stehen. Als Antwort bietet Hearing4all über die „Joint Research Academy“ (JRA) Orientierungshilfen und macht Promovierende und Postdocs fit für den modernen Arbeitsmarkt. Mit einem Qualifizierungsprogramm aus fachspezifischer Professionalisierung, Karriere-Training und individuellen Förderangeboten steht die JRA dem wissenschaftlichen Nachwuchs auf dem gesamten Karriereweg vom ersten akademischen Abschluss bis hin zur Professur oder Industrieanstellung begleitend zur Seite.

Beispiele für Aktivitäten sind das Promotionsprogramm „Auditory Sciences“, das sich universitätsübergreifend an den Cluster-Schwerpunkten orientiert und zur Sicherung eines hohen Kompetenzstandards in dem vielschichtigen und interdisziplinären Forschungsfeld beiträgt. Oder jährlich stattfindende Sommerschulen mit der Gelegenheit, Forschungsprojekte zu diskutieren, neue Impulse zu erhalten und sich über den eigenen Themenrahmen hinaus zu vernetzen. Ausgesprochen wertvoll ist dabei der direkte Kontakt zu den international ausgewiesenen Fachleuten, die für Gastvorträge gewonnen werden. Hierbei kann auch die Idee zu einem Forschungsaufenthalt im Ausland Gestalt annehmen, für den die JRA finanzielle Mittel bereit-

JOINT RESEARCH ACADEMY

hält. Besonders talentierten Promovierenden steht im Anschluss an die Promotion ein Stipendium zur Verfügung, um einen eigenen Drittmittel-Förderantrag zu lancieren und den ersten Schritt in eine eigenständige Wissenschaftskarriere zu unternehmen.

Gleichzeitig wird großer Wert auf Chancengleichheit gelegt. Unter den Promovierenden und Postdocs im Cluster ist das Geschlechterverhältnis ausgewogen. Ein besonderes Ziel ist es, Frauen im weiteren Verlauf der akademischen Karriere zu fördern, um künftig mehr Kandidatinnen für eine Professur auch in den technischen Disziplinen zur Verfügung zu haben. Dabei spielen auch Angebote zur Vereinbarkeit von akademischer Laufbahn und Familie eine bedeutende Rolle. So werden Forscherinnen gezielt darin unterstützt, während der Schwangerschaft oder Familienphase ihr wissenschaftliches Projekt weiterführen zu können.

Das Engagement für den Nachwuchs zahlt sich aus. Die Forscherinnen und Forscher gehen nach ihrer Zeit im Cluster mühelos den nächsten Karriereschritt in Wissenschaft oder Industrie an. Einige sind schon auf einer Professur angekommen. Damit erweist sich die JRA regelrecht als Sprungbrett in die Zukunft!

Samira Saak ist Doktorandin in der Abteilung „Medizinische Physik“ der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg. Sie arbeitet an der Entwicklung der Virtuellen Hörklinik mit.

Foto: hwall



<https://hearing4all.de/career>

Hearing4all – Der Exzellenz-cluster in Zahlen



weitere Forschungs- und Transfereinrichtungen in fester Kooperation

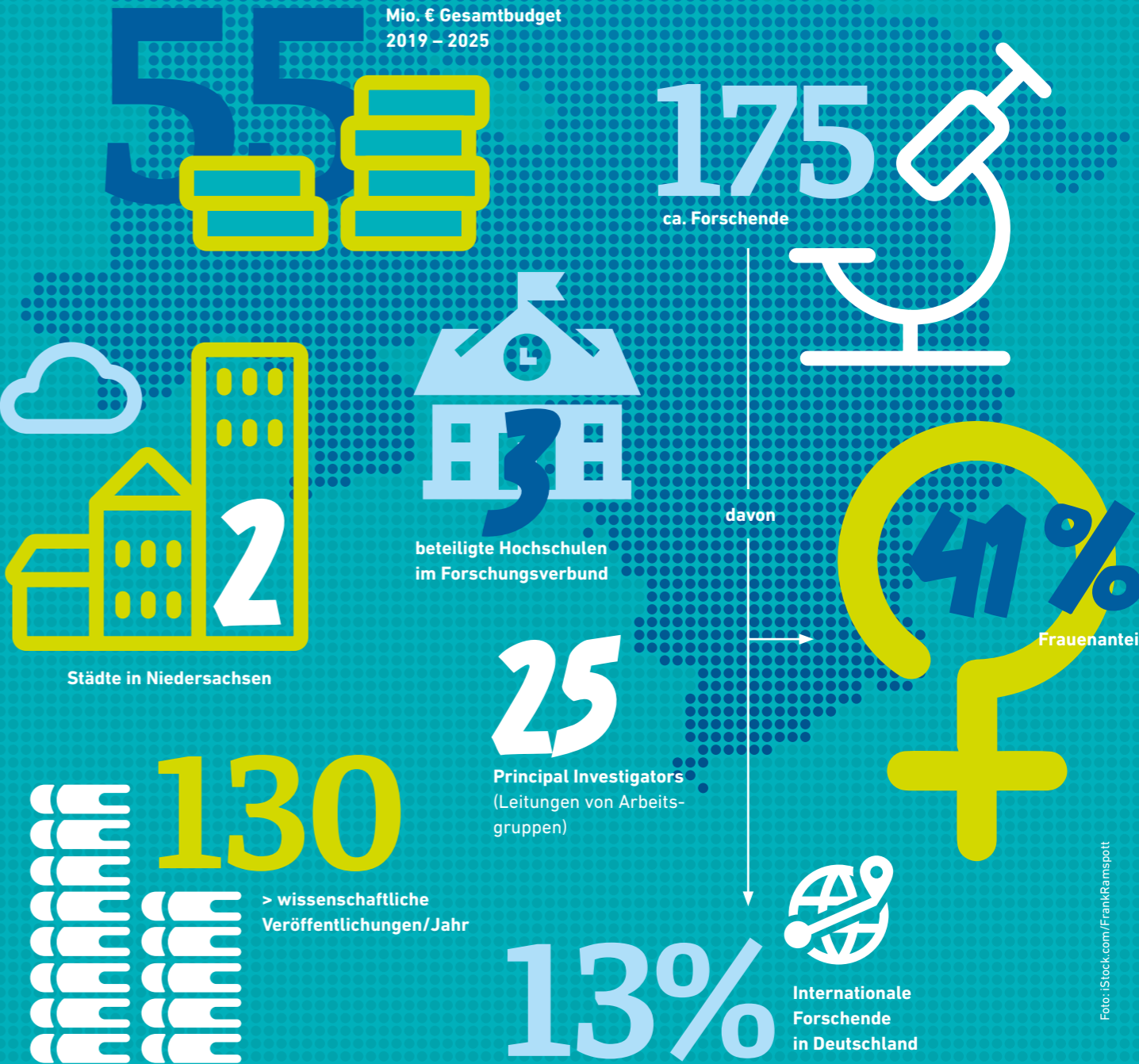


Foto: iStock.com / FrankRamsrott

Digitale Lösungen ermöglichen **reale Behandlungserfolge**

Interview Dr. Anna Warzybok-Oetjen

Dr. Warzybok-Oetjen, was hat Sie für die Hörforschung begeistert?

Meine Eltern sind Ärzte, und ich habe mich schon immer für die Themen Biologie und Physik interessiert. Ich komme ursprünglich aus Polen, dort waren die Aussichten für junge Ärzte katastrophal. Also habe ich nach etwas gesucht, was in diese Richtung geht, aber nicht reine Medizin ist. So bin ich auf den Studiengang Hörtechnik und Audiologie gekommen. Das ist eine tolle Mischung zwischen Physik, Mathematik und klinischer HNO-Arbeit bzw. Audiologie.

Wie sind Sie dann zu Hearing4all gekommen?

Ich bin schon 2007 während meiner Masterarbeit an die Universität Oldenburg gekommen. Das hat mir so gut gefallen, dass ich dann geblieben bin und ab 2012 Teil des Exzellenzclusters Hearing4all sein konnte.

Welches Projekt finden Sie am spannendsten?

Eindeutig die „virtuelle Hörklinik“. Seit Jahren entwickeln wir diagnostische Methoden für Experten – also Audiologen, HNO-Ärzte und Hörakustiker. Mit der „virtuellen Hörklinik“ bringen wir diese Methoden jetzt zu jeder Bürgerin und jedem Bürger. Ganz nach dem Motto – Hearing4all. Wir entwickeln z. B. Smartphone-basierte Verfahren, mit denen man sich selbst testen kann und erfährt, ob man schon schwerhörig ist. Auch ein Hörgerät kann simuliert werden. Wir hoffen, dass die Menschen dadurch früher

den HNO-Arzt oder Hörakustiker aufsuchen und eine Hörschädigung rechtzeitig erkannt und versorgt wird. Das wäre ein Riesenschritt in Richtung frühzeitige Versorgung.

Was gefällt Ihnen besonders bei Hearing4all?

Außergewöhnlich ist die Vielfalt der Expertise. Die Mitarbeitenden kommen aus der Audiologie, Psychologie, Ingenieurwesen, Medizin, Physik, Biologie und noch viel mehr Bereichen. Das hat man in kleineren Projekten nicht. Dadurch haben wir viel interdisziplinären Austausch. Wir arbeiten an einem Thema – Hören – aber aus unterschiedlichen Perspektiven. Das ist sehr spannend, weil man immer neue Ideen bekommt.

Was ist Ihnen für die Hörforschung der Zukunft wichtig?

Der Transfer von der Grundlagenforschung in die Praxis. Das heißt, dass die Ergebnisse, die in der Grundlagenforschung der Universitäten ausgearbeitet werden, tatsächlich auch in Lösungen bzw. Produkte umgesetzt werden, die in der Praxis nützlich sind. Ein wichtiger Aspekt ist für mich auch die Reproduzierbarkeit von Daten. Also, dass wir in Zukunft immer mehr in Richtung „Open-Access-Datentools“ gehen. So können dann nicht nur die Forscher bei Hearing4all von unseren Daten profitieren, sondern auch andere Forscher weltweit.

Dr. Anna Warzybok-Oetjen arbeitet an der Universität Oldenburg in der Gruppe Medizinische Physik und Akustik. Bei Hearing4all ist sie hauptsächlich im Bereich individualisierte Hördiagnostik und bei dem Projekt „virtuelle Hörklinik“ tätig.

Die „Virtuelle Hörklinik“:

Weltweit betrachtet hat nur ein Bruchteil aller Menschen Zugang zu einer guten Diagnostik und modernen Hörsystemen. Hearing4all hat sich deshalb das Ziel gesetzt, Prozesse und Methoden zu digitalisieren und so mit der „Virtual Hearing Clinic“ die Versorgung über Grenzen hinweg zu verbessern. Dafür werden verschiedene, im Exzellenzcluster entwickelte Module zusammengeführt und in einer App zur Verfügung gestellt. So wird eine niedrighschwellige Diagnostik und Hörunterstützung über mobile Endgeräte ermöglicht.

Ziel sind die Selbstdurchführung von Hörtests, die Prognose des Behandlungserfolgs für Cochlea-Implantate, die Hörgerätesimulation und schlussendlich eine Behandlungsempfehlung auf Basis einer audiologischen Einstufung. Zur Zeit sind im Demonstrator die Hörschwelle, Lautheitswahrnehmung und Sprachverständlichkeit messbar. Weitere Messverfahren werden kontinuierlich entwickelt und implementiert.

Wir wollen das Hören noch besser verstehen!



MHH: Zwei Millionen Euro für neue Wege in Hörforschung

Für sein Projekt „READIHEAR“ hat Prof. Waldo Nogueira Vazquez im Frühjahr 2022 den „ERC Consolidator Grant“ des Europäischen Forschungsrates (European Research Council, ERC) erhalten, eine der höchsten für Exzellenz vorgesehenen Wissenschaftsförderungen der Europäischen Union. Nogueira Vazquez wird über fünf Jahre mit insgesamt rund zwei Millionen Euro unterstützt. Erforschen möchte der Wissenschaftler damit, wie das Restgehör genauer beurteilt und erhalten werden kann, wie die elektrische Stimulation durch das CI mit der akustischen Signalleitung zusammenwirkt und wie aus diesen Erkenntnissen eine neuartige Hörprothese entwickelt werden kann.

Schon seit 2013 ist der gebürtige Spanier Jun. Prof. Dr.-Ing. Waldo Nogueira Vazquez im Exzellenzcluster Hearing4all aktiv. Am Standort Deutsches HörZentrum der Medizinischen Hochschule Hannover leitet der 44-jährige die Forschungsgruppe der Auditorischen Prothetik.

Wir haben Prof. Nogueira ein paar kurze Fragen zu seiner Arbeit gestellt.

Wie sind Sie zur Hörforschung gekommen?

Schon während meines Studiums habe ich mich für Automatische Spracherkennung, Audiokompression und psychoakustische Modelle interessiert. Daher habe ich dann auch meine Masterarbeit als Erasmus-Student im Jahr 2002 an der Leibniz Universität Hannover im Bereich Audiokompression geschrieben. Am Ende meiner Masterarbeit kam es zur Zusammenarbeit mit dem Deutschen HörZentrum der Medizinischen Hochschule Hannover im Bereich Psychoakustische Modelle und Soundkodierung für Cochlea-Implantate, da habe ich dann im Team mit Prof. Andreas Büchner gearbeitet. Aus dieser Zusammenarbeit haben wir die PACE/MP3000 Sound-Kodierungs-Strategie entwickelt. Es war also bei mir so, als würde ein Baustein auf den nächsten folgen.

Welcher Weg hat Sie zum Exzellenzcluster Hearing4all geführt?

Nach dem Masterabschluss in Hannover bin ich nach Belgien gegangen und habe

dort für einen Hersteller von Cochlea-Implantaten gearbeitet. Nächste Station war Barcelona, dort habe ich eine neue Forschungslinie in Bereich Musik und Cochlea-Implantate angefangen. Als dann schließlich Hearing4all in der ersten Förderperiode ab 2012 genehmigt wurde, entschied ich mich, von Barcelona nach Hannover zu ziehen, um Teil dieses großartigen Exzellenzclusters zu werden.

Was fasziniert Sie an der Hörforschung?

Von Anfang an hat mich die Kombination von Psychoakustik und Elektrophysiologie fasziniert. Vor allem aber auch das Erstellen von Computermodellen, um das Hören mit akustischer und elektrischer Stimulation zu verstehen – also das natürliche biologische Hören und das Hören mit künstlicher elektrischer Stimulation durch das Cochlea-Implantat. Die Anwendung in Form von neuen Signalverarbeitungsalgorithmen und Anpassungsmethoden von Hörsystemen ist ein enorm spannendes Forschungsgebiet, auf dem sich wirklich viel verbessern lässt. Außerdem können wir mit unseren Forschungsergebnissen ganz konkret die Lebensqualität so vieler Menschen verbessern. Es ist keine Forschung im fernen Elfenbeinturm, sondern hat direkte Auswirkungen auf gesellschaftliche Teilhabe, Bildungschancen und konkrete Lebenswirklichkeiten der von Hörstörungen betroffenen Menschen.

Welche Ziele wollen Sie in den nächsten Jahren erreichen?

Mein klares Ziel ist, ein grundlegendes Verständnis von elektrischer und akustischer Stimulation und deren Interaktion zu ermöglichen. Außerdem möchte ich neue diagnostische Methoden bei Hörverlust entwickeln und neue Rehabilitations-Methoden auf Basis von Hörsystemen.



Foto: Kaiser/MHH

Foto: Universität Oldenburg

Was können die Hörsysteme von morgen? Unsere Vision für die Zukunft

Individualisierte Technik

Individuell angepasste Schallübertragung und vielfältige Anpassungsmöglichkeiten auch über das eigene Smartphone sind heute schon Stand der Technik bei Hörgeräten. In Zukunft werden „closed loop“-Hörsysteme den Einstellungswunsch und die Höreinschränkung der oder des Nutzenden in der jeweiligen Hörsituation laufend erfassen und vorausberechnen. Als Folge werden Hörhilfen genau die Unterstützung anbieten, die ihre Nutzerinnen und Nutzer individuell benötigen: nicht zu leise, nicht zu laut und mit optimaler Sprachverständlichkeit sowie Wiedergabe-Qualität.

Cochlea-Implantate werden sich durch neue, biokompatible Materialien, miniaturisierte Technik und individualisierte Produktionsverfahren immer mehr vom „Fremdkörper“ zum „Körperbestandteil“ entwickeln, der in den biologischen Organismus fest eingebunden ist und von außen kaum noch wahrgenommen wird. Dabei werden auch schonende, robotergestützte Operationsverfahren helfen.

Uneingeschränkte Teilhabe am akustischen Leben

Hörgeräte der Zukunft ermöglichen gutes Verstehen von Sprache auch in schwierigen akustischen Situationen, etwa wenn es mehrere Sprecher oder laute Hintergrundgeräusche und Nachhall gibt. Ermöglicht wird dies durch intelligente Kopplung von Mikrofonen und immer besser gezielten Störschallunterdrückungs-Algorithmen, die auf Methoden maschinellen Lernens und künstlicher Intelligenz beruhen.

Auch die Wahrnehmung von anderen Umweltgeräuschen und von Musik wird sich weiter verbessern. Dies gilt insbesondere für Cochlea-Implantate, die bauartbedingt zur Zeit eine begrenzte Menge an Informationen übertragen können. Hier werden neue Elektrodentechnologien und neue Methoden der Stimulierung des Hörnervs Fortschritte erzielen können.

Leichte und variable Einstellbarkeit, an jedem Ort, zu jeder Zeit

Die Anpassungsprozesse für Hörhilfen sind zur Zeit noch sehr aufwändig: Sie erstrecken sich über Wochen oder Monate, und zur Unterstützung müssen immer wieder Hörakustiker aufgesucht werden. Hörhilfen der Zukunft werden auf der Grundlage von Machine-Learning-Algorithmen und großer Bibliotheken von Referenzdaten „intelligente“ Anpassungsvorschläge machen können und sehr flexibel sein, wenn sich die akustische Situation oder auch im Lauf der Zeit das Hörvermögen ändert.

Mobiles Gesundheitsmonitoring

Die Positionierung von Hörhilfen am Kopf ermöglicht den sinnvollen Einsatz einer Vielzahl von Sensoren zur Beobachtung von Körperfunktionen weit über das Hören hinaus. Bewegungssensoren werden auch heute schon zur Unterstützung des räumlichen Hörvermögens eingesetzt. Darüber hinaus ist das Monitoring von Körperfunktionen wie Körpertemperatur, Puls, Blutdruck, Sauerstoffsättigung des Blutes, Atmung oder Schlucken denkbar. Dies und die Tatsache, dass Hörhilfen mobil und den ganzen Tag über als „Messlabor“ zur Verfügung stünden, kann zur Unterstützung von Prävention, Therapie und Rehabilitation von zahlreichen Erkrankungen sowie altersbedingten Beeinträchtigungen eingesetzt werden. Erforscht wird in Haring4all zur Zeit bereits die mögliche Verwendung ohrnaher Sensorik für die Sturzprävention bei älteren Menschen.



TOMORROW

Schon gehört?

Hearing4all hat einen Online-Hörtest entwickelt, den Sie ganz einfach von zuhause mit Ihrem Computer oder Smartphone durchführen können.

Hier können Sie es ausprobieren!



<https://hearing4all.de/hoertest/>