

**HAL-Gruppe übernimmt
Mehrheit an Geers!**
... mehr dazu auf Seite 8.

Duett der Ohren

Der drahtlose Informationsaustausch zwischen beiden Hörgeräten ist ein Fortschritt der Hörgeräte-Technik der vergangenen Jahre.

Damit aber nicht genug: Jetzt ist es sogar möglich, ein Telefongespräch auf beiden Ohren gleichzeitig zu hören. Lesen Sie mehr zu diesem Ohrduett ab Seite 10.

DuoPhone

Telefonieren mit beiden Ohren

Prof. Dr. Jürgen Tchorz, Frederik Eichhorn, Isabel Schindwolf, Anne-Kathrin Lorenz, Dr. Myriel Nyffeler

Die binaurale Kopplung, also der drahtlose Informationsaustausch zwischen beiden Hörgeräten, ist ohne Frage eine der wichtigsten Fortschritte der Hörgeräte-Technik der letzten Jahre. Technisch ist die binaurale Kopplung eine echte Herausforderung, wenn man die Randbedingungen betrachtet: Die Vorrichtung zum Senden und Empfangen der Daten muss so klein sein, dass sie noch in einem Hörgerät Platz findet. Der Stromverbrauch muss zudem so niedrig sein, dass die Batteriebensdauer nicht sonderlich darunter leidet.



Entspannt telefonieren – mit der binauralen Kopplung bei Hörgeräten können Gespräche mit beiden Ohren gehört und dadurch die Störgeräusche bei der vom Telefon abgewandten Seite deutlich reduziert werden. (Foto: ArtmannWitte / fotolia.com)

Bestehende Standards zur drahtlosen Übermittlung von Daten wie etwa Bluetooth, GSM oder WLAN kommen nicht infrage, da Platz- und Stromverbrauch viel zu groß sind, aber auch die Reichweite überdimensioniert ist: Für die binaurale Kopplung reichen 25 bis 30 cm. Daher war für die Hörgeräte-Industrie die eigene Entwicklung einer neuen Technologie nötig. Die Datenübertragung erfolgt nach dem Prinzip der elektromagnetischen Induktion über sehr kleine Induktionsspulen, die gleichzeitig als Sender und Empfänger dienen. Die Leistungsaufnahme solcher Systeme liegt im Bereich ei-

niger μW und damit um Faktor 100 unter dem von Bluetooth-Systemen [1]. Während die ersten Hörgeräte mit binauraler Kopplung Datenraten von wenigen 100 bit pro Sekunde erreichten, liefern aktuelle Systeme Datenraten im dreistelligen Kilobit-Bereich. Damit lassen sich nicht nur Steuersignale, sondern auch die Mikrofonsignale in Echtzeit übertragen.

Eine binaurale Kopplung eröffnet viele Möglichkeiten der Hörgeräte-Steuerung und Verarbeitung von Schallsignalen. Zunächst sind hier Funktionen zur Synchroni-

sation von Hörgeräten zu nennen, die nur eine niedrige Bitrate erfordern: Die Übertragung des aktuellen Betriebszustandes von einem Gerät zum anderen ermöglicht die Synchronisation des manuell oder automatisch gewählten Hörgeräte-Programmes oder der jeweiligen Richt-Charakteristik der Mikrofone. Der unmittelbare Nutzen für den Hörgeräte-Träger besteht dabei in einem höheren Tragekomfort (Programmwahl und Lautstärke-Einstellung sind nur an einem Hörgerät nötig), aber auch in einer besseren Lokalisation von Schallquellen, die beeinträchtigt wäre, wenn die Mikrofone unterschiedliche Richt-Charakteristiken aufwiesen [2].

Im Bereich der Signalverarbeitung existieren Verfahren wie binaurale Beamformer oder blinde Quellentrennung, die eine Übertragung der Mikrofonsignale in voller Abtastrate erfordern. Solche Verfahren könnten einen zusätzlichen Nutzen gegenüber den bisher verfügbaren Richtmikrofon-Techniken bringen, sind aber derzeit noch nicht in Hörgeräten verfügbar.

Die hier vorgestellte Studie beschäftigt sich mit einer weiteren Anwendung binauraler Kopplung, nämlich der Übertragung und zusätzlichen Darbietung des Hörgeräte-Ausgangs von einer auf die andere Seite. Während dies im normalen Betrieb natürlich nicht gewünscht ist, kann es beim Telefonieren durchaus sinnvoll sein: Die Stimme des Gesprächspartners am Telefon wird dann nicht nur auf der einen Seite gehört, sondern bilateral mit beiden Ohren. Störgeräusche von der dem Telefon abgewandten Seite kommen dadurch weniger zum Tragen. Ziel der hier vorgestellten Studie war die Untersuchung des Nutzens einer solchen binauralen Übertragung auf das gemessene und subjektiv beurteilte Telefon-Sprachverstehen im Störschall bei mittel- bis hochgradig schwerhörenden Versuchspersonen. Als Hörgerät wurde das Phonak Exélia Art P verwendet, welches eine solche Übertragung des Signals auf die andere Seite ermöglicht («DuoPhone«-Feature). Vergleichsbedingung war dabei die »normale« Telefoneinstellung über Mikrofon mit einseitigem Sprachsignal aus dem Telefon. Neben dem Reimtest nach Wallenberg und Kollmeier (WAKO) [3] wurde ein Just Follow Conversation Test (JFC) eingesetzt, der die individuelle Schwelle des »gerade-eben-Verstehens« bestimmt.

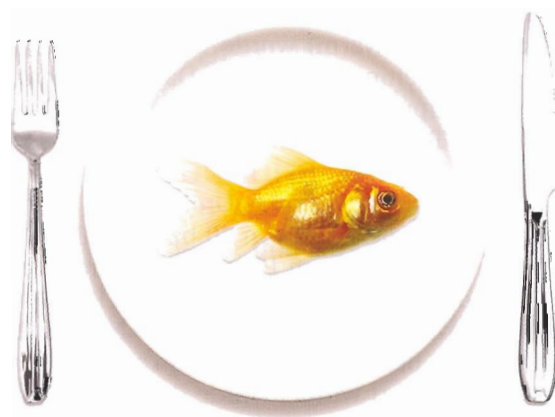
Probanden

Insgesamt 15 mittel- bis hochgradig schwerhörende Probanden nahmen an der Studie teil. Bei allen Probanden wurde die Hör- und U-Schwelle bestimmt. Alle Probanden waren otoskopisch unauffällig. Der mittlere Hörverlust zwischen 0,5 und 4 kHz lag bei 64,5 dB HL. Alle Probanden sind deutsche Muttersprachler, erfahrene Hörgeräte-Träger und gewohnt, mit einem Hörgerät zu telefonieren.

Hörgeräte-Einstellung

Die Hörgeräte wurden entsprechend der Vorberechnung binaural nach dem Audiogramm eingestellt (iPFG 2.4). Die

Einzelgänger schicksal?



www.fdh-ev.de

akustische Ankopplung erfolgte ohne individuelle Ohrstücke durch Schaumstoffstöpsel. Die beiden Versuchsbedingungen unterschieden sich lediglich in der Hörgeräte-Einstellung zu DuoPhone (»an« bzw. »aus«). DuoPhone wurde auf Hörgeräte-Mikrofon (ohne T-Spule) eingestellt, wobei die vom jeweiligen Probanden bevorzugte Seite zum Telefonieren berücksichtigt wurde.

Durchführung

Die audiometrischen Untersuchungen und Messungen wurden im Hörlabor der Fachhochschule Lübeck durchgeführt. Für den Sprachtest und den Just-Follow-Conversation Test (JFC) wurden sechs Lautsprecher im Kreis um den Probanden aufgestellt (Abstand zum Probanden: ein Meter). Aus diesen Lautsprechern wurde das Störgeräusch dargeboten (unkorreliertes Cafeteria-Geräusch). Der Summenpegel an der Position des Probanden wurde für alle Versuche auf 55 dB (A) eingestellt.

Das Nutzsignal (das Sprachmaterial des Sprachtests bzw. ein Hörbuch-Ausschnitt für den JFC-Test aus Frank Schätzing: Der Schwarm) wurde über den Telefonhörer eines Festnetztelefons dargeboten. Das Nutzsignal wurde dabei vom Computer über einen speziellen Audioadapter direkt auf das Telefon übertragen.

Für den Sprachtest (WAKO »Dreinsilber«) wurden im ersten Durchlauf die Pegel von 70 bzw. 75 dB (A) eingestellt (gemessen mit einem Pegelmesser direkt am Telefonhörer an der Position mit dem höchsten Pegel), so dass effektiv Signal-Rausch-Abstände von 15 bzw. 20 dB verwendet wurden. Beim Re-Test, der beim zweiten Versuchstermin durchgeführt wurde, wurde das Sprachverstehen bei vier Versuchspersonen zusätzlich noch bei einem SNR von 10 dB gemessen, da bei diesen das Sprachverstehen im ersten Durchgang mit und ohne DuoPhone über 80 Prozent lag (ceiling-Effekt: Nachweis einer Veränderung in den Versuchsbedingungen erschwert). Die Pegelstellungen wurden vor jedem Probandentermin überprüft, und während eines Messtermins nicht verändert, da es um die Bestimmung von Differenzen zwischen den Versuchsbedingungen ging (unilateral vs. bilateral).

Für den JFC-Test wurde das Störgeräusch konstant bei 55 dB (A) gehalten, während der Pegel des Nutzsignals vom Versuchsleiter entsprechend den Anweisungen der Versuchspersonen so eingeregelt wurde, dass das Kriterium – »Dem Inhalt der Sprache kann gerade eben gefolgt werden« – erfüllt wurde. Dieses Kriterium ist je nach Versuchsperson sehr unterschiedlich; für die jeweilige Person (»intra-individuell«) jedoch recht stabil und gut reproduzierbar. Daher eignet sich dieser Test gut, hier einen Unterschied der Mikrofoneinstellung nachzuweisen, da alle Probanden beide Versuchsbedingungen durchlaufen und letztlich die Differenzen interessieren. Der JFC-Test wurde am Schluss des Re-Test-Termins nur bei elf Versuchspersonen durchgeführt (die Auswahl war zufällig), da hier mehr Zeit zur Verfügung stand (keine Audiometrie notwendig).

Die Versuchspersonen wurden vor Beginn der Messungen gefragt, mit welchem Ohr sie gewöhnlich telefonieren. An dieses Ohr wurde der Telefonhörer von den Versuchsteilnehmern bei allen Tests gehalten. Während einer Probe-Testliste des WAKO konnten sich die Probanden mit dem Telefonhörer vertraut machen und die beste Position bestimmen. Die Versuchsbedingungen für den WAKO bei Test und Re-Test (SNR 15/20; DuoPhone an/aus) wurden verwürfelt und zufällig verschiedenen WAKO-Dreinsilber-Testlisten zugeordnet.

Messergebnisse

Sprachtest: WAKO »Dreinsilber«. Das Sprachverstehen mit und ohne binaurale Übertragung ist beispielhaft für eine Messbedingung in Abbildung 1 dargestellt.

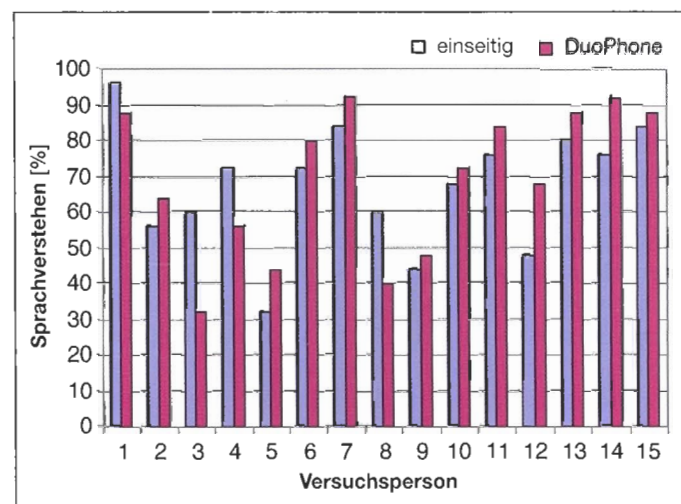


Abb. 1: Sprachverstehen der einzelnen Versuchspersonen mit einseitiger Darbietung des Nutzsignals über Telefon, und mit zusätzlicher Übertragung auf die andere Seite (»DuoPhone«). Testbedingung: 20 dB SNR.

Der individuelle Nutzen durch die bilaterale Darbietung in dieser Versuchsbedingung ist in Abbildung 2 dargestellt.

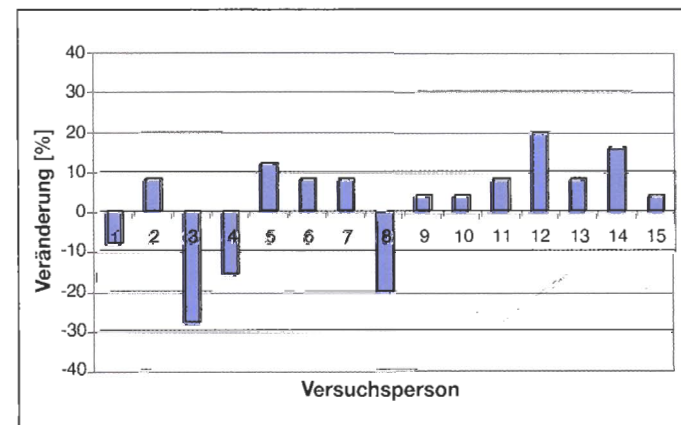


Abb. 2: Individueller Nutzen durch bilaterale Darbietung des Telefonsignals. Werte über 0 bedeuten eine Verbesserung, Werte unter 0 eine Verschlechterung des Sprachverstehens.

Während einige Versuchspersonen von der bilateralen Darbietung profitieren, zeigt sich bei anderen Versuchspersonen eine Verschlechterung des Sprachverstehens. Über alle Versuchsbedingungen hinweg (10 dB, 15 dB, 20 dB SNR) ergab sich eine Verbesserung des Sprachverstehens um vier Prozentpunkte (Median). Eine statistische Überprüfung (Ein-Stichproben t-test) ergab jedoch keinen Hinweis auf einen von null Prozent abweichenden Nutzen ($p = 0,5$).

Just-Follow-Conversation-Test

Abbildung 3 zeigt die individuellen Ergebnisse des Just-Follow-Conversation-Tests.

Dargestellt ist der individuelle Nutzen beim Just-Follow-Conversation-Test durch die bilaterale Darbietung. Ein positiver Wert bedeutet eine Verbesserung: Der Sprachpegel wurde mit bilateraler Darbietung um den entsprechenden Wert niedriger eingestellt und trotzdem wurde das Kriterium erfüllt (»Der Sprache kann gerade eben gefolgt werden.«).

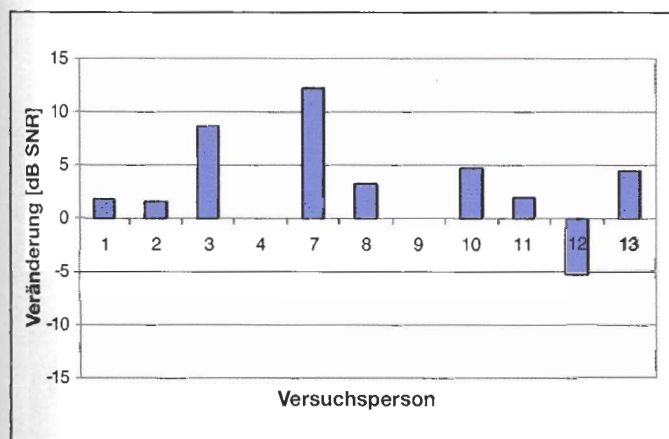


Abb. 3: Individueller Nutzen beim JFC-Test durch bilaterale Darbietung

Beim JFC-Test zeigen sich deutliche Vorteile durch eine bilaterale Darbietung des Telefonsignals, verglichen mit der einseitigen Versuchsbedingung. Der Benefit mit DuoPhone liegt bei 2 dB SNR im Median bzw. 3,1 dB SNR im Durchschnitt. Nur eine Versuchsperson verschlechterte sich im Ergebnis durch DuoPhone, acht Versuchspersonen verbesserten sich, zwei blieben gleich.

Eine statistische Auswertung (gepaarter t-Test, zweiseitig) ergab einen p-Wert von 0,052. Bei einem Wert von 0,05 und kleiner spricht man von einem statistisch signifikanten Unterschied. Die Aussage, dass die binaurale Kopplung mit DuoPhone zu einem signifikant besseren Abschneiden beim JFC-Test führt, wurde hier zwar knapp verfehlt, es darf aber vermutet werden, dass dies an der zu kleinen Stichprobe liegt ($N = 11$).

Gemeinsam stark!

- Informationen zur aktuellen Berufspolitik
- Beratung & Hilfestellung
- Eigenes Qualitätsmanagement
- Unterstützung bei Berufsfragen & Eigeninitiativen
- Weiterbildung in Arbeitstagen & Seminaren für Mitarbeiter und Auszubildende
- Produkt-Sonderangebote exklusiv für Mitglieder

Werden Sie Teil einer starken Gemeinschaft:



Fachverband Deutscher Hörgeräte-Akustiker e.V.

Waisenhausdamm 5 · 38100 Braunschweig

www.fdh-ev.de

Diskussion

Beim Sprachtest zeigten sich kaum Unterschiede zwischen beiden Versuchsbedingungen (einseitig und bilateral). Weshalb jedoch beim JFC-Test ein relativ deutlicher Unterschied zwischen den Versuchsbedingungen gemessen wurde, ist nicht ganz klar.

Ein möglicher Grund könnte in der Länge der Stimuli liegen. Während beim WAKO nur drei kurze (und identische) Testwörter vorgespielt werden, hört der Proband beim JFC-Test einen langen »Fließtext«. Dabei kann sich der Proband in der Bedingung »DuoPhone« allmählich darauf einstellen, dass auch von der anderen Seite nutzbare Sprachanteile verfügbar sind. Dies ist sonst beim Telefonieren nicht der Fall, und die Aufmerksamkeit wird in der Regel auf das (individuell bessere) »Telefonier-Ohr« gelegt.

Ein weiterer möglicher Grund dafür, dass beim JFC-Test ein Unterschied gemessen wurde, beim Sprachtest jedoch nicht, könnte im unterschiedlichen Verständlichkeitsniveau beider Tests liegen. Während das Sprachverstehen beim WAKO durchschnittlich bei knapp 70 Prozent lag, dürfte es beim JFC klar höher liegen: Ein Sprachverstehen von lediglich 70 Prozent reicht in der Regel nicht aus, um Sprache gerade eben folgen zu können. Solche Bedin-

gungen würden für ein reales Gespräch nicht akzeptiert werden. Ein ähnlicher Effekt zeigt sich bei der Untersuchung anderer Hörgeräte-Features wie etwa der Störgeräusch-Unterdrückung. Während dort in der Regel keine Verbesserung des Sprachverstehens gemessen wird, zeigen andere Tests wie JFC oder ANL (Acceptable Noise Level) oft einen positiven Effekt, da die hier relevanten akustischen Situationen sehr viel besseres Sprachverstehen erlauben als bei typischen Sprachtests. Messungen bei Sprachverständlichkeiten um 50 Prozent ergeben zwar eine steile Diskrimination, haben aber im Alltag wenig Relevanz, da ein Gespräch, bei dem man nur die Hälfte versteht, wenig sinnvoll ist.

Literatur

[1] Hamacher V, Kornagel U, Lotter T, Puder H (2008) Binaural signal processing in hearing aids: technologies and algorithms. In: Martin R (Ed.): Advances in Digital Speech Transmission, Wiley

[2] Keidser G, Rohrseitz K, Dillon H, Hamacher V, Carter L, Rass U, Convery E (2006) The effect of multi-channel wide dynamic range compression, noise reduction, and the directional microphone on horizontal localization performance in hearing aid wearers, International Journal of Audiology 45 (19), 563-579

[3] v. Wallenberg E, Kollmeier B (1989) Sprachverständlichkeitsmessungen für die Audiologie mit einem Reimtest in deutscher Sprache: Erstellung und Evaluation von Testlisten, Audiologische Akustik 38, 50-65

Prof. Dr. Jürgen Tchorz studierte Physik an der Uni Oldenburg. Nach seiner Promotion im Jahr 2000 arbeitete er in der Hörgeräte-Industrie. Seit 2005 betreut er als Professor an der Fachhochschule Lübeck den Bachelor-Studiengang Hörakustik. Die Studenten sind dort von Anfang an an der Durchführung von Hörgeräte-Studien beteiligt, wie auch in diesem Beispiel.



Frederik Eichhorn, 1982 geboren in Düsseldorf, studiert Hörakustik an der Fachhochschule Lübeck. Er war 2006 Bundessieger im praktischen Leistungswettbewerb der Handwerksjugend und hat neben dem Studium an verschiedenen Validierungsstudien für die Hörgeräte-Industrie mitgewirkt. Im Juli 2009 legte er seine praktische Meisterprüfung (Hörgeräteakustik) ab. Zurzeit absolviert er bei Phonak in Stäfa sein studienbezogenes Praktikum im Bereich Forschung und Entwicklung.



Anne-Kathrin Lorenz, geboren 1983 in Coburg, studiert Hörakustik im 3. Semester an der Fachhochschule Lübeck. Sie ist seit 2003 Gesellin im Hörgeräteakustiker-Handwerk, und hat im November 2009 die praktische Meisterprüfung abgelegt.



Isabel Schindwolf, Jahrgang 1984, machte 2007 ihren Abschluss als Hörgeräteakustikerin bei Geers in Reutlingen. Dort arbeitete sie als Gesellin bis 2008 und wechselte dann an die Fachhochschule Lübeck, wo sie im 3. Semester Hörakustik studiert.



Dr. Myriel Nyffeler, studierte Biologie mit Vertiefung Neurobiologie an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) in Zürich. Seit 2008 ist sie als Scientific Marketing Managerin bei der Phonak AG in Stäfa, Schweiz tätig und koordiniert alle Feldstudien des Hörgeräte-Lieferanten.

