

Phonak

Field Study News

Geringere Hör- und Gedächtnisanstrengung in geräuschvollen Umgebungen mit StereoZoom

Vom Hörzentrum Oldenburg durchgeführte Studien mit elektroenzephalografischen (EEG) und subjektiven Tests haben gezeigt, dass sowohl die Hör- als auch die Gedächtnisanstrengung bei der Verwendung eines Hörgeräts von Phonak mit StereoZoom geringer ausfielen, als bei der Verwendung eines Mitbewerberprodukts mit einem alternativen Ansatz zur mikrofongesteuerten Störgeräuschunterdrückung. Der Effekt zeigte sich besonders deutlich in schwierigen Hörsituationen; hier konnte eine um 18% geringere Höranstrengung festgestellt werden.

Axel Winneke, Matthias Latzel u. Jennifer Appleton-Huber / Juli 2018

Einleitung

Hörverlust ist mit Höranstrengung verbunden. Menschen mit Hörverlust sind permanent damit beschäftigt, die Lücken beim Gehörten wie bei Sprache zu füllen. Das ist anstrengend und kann ermüdend sein. Hörgeräte zielen darauf ab, die Sprachverständlichkeit zu verbessern, und müssen somit die für das Sprachverständnis erforderliche Anstrengung verringern können. Der Vorteil davon besteht darin, dass der Hörgeräteträger die Hörerfahrung als angenehmer empfindet und weniger schnell ermüdet.

Das Thema „Messen der Höranstrengung“ ist im Zusammenhang mit der Hörgeräteanpassung von enormem Interesse (Pichora-Fuller and Singh, 2006). Dieser interessante Ansatz basiert darauf, Hörgeräte in

Hörsituationen zu beurteilen, in denen Stimuli (auch) mit überschwelligen Intensitäten präsentiert werden; dabei differenziert die Sprachverständlichkeit nicht die Leistung oder Akzeptanz von verschiedenen Hörgeräten/Algorithmen und/oder deren Funktionalitäten.

Daher werden immer mehr Hörgerätестudien unter Einbeziehung der Messung der Höranstrengung durchgeführt. Eine Möglichkeit zur Messung der Höranstrengung ist, den Hörgeräteträger nach seiner subjektiv wahrgenommenen Höranstrengung zu fragen. Alternativ gibt es einige objektive Methoden, wie Pupillometrie, verschiedene elektrophysiologische Messverfahren, funktionale Magnetresonanztomographie (fMRT) oder Hautleitfähigkeit (siehe Übersicht von McGarrigle et al., 2014).

Mehrere Untersuchungen haben gezeigt, dass EEG ein vielversprechender Ansatz zur Messung der Höranstrengung auf neuronaler Ebene ist. Die Hypothese, dass die Höranstrengung mit der EEG-Aktivität in Zusammenhang gebracht werden kann, basiert auf der Vorstellung, dass das Gehirn mit einer begrenzten Menge von (neuronalen) Ressourcen arbeitet, die gemeinsam von sensorischen, perceptiven und kognitiven Prozessen genutzt werden („Theorie von beschränkten Ressourcen“). Damit hängt die sogenannte „Anstrengungshypothese“ zusammen (Rabitt, 1968). Diese ist mit der *Hypothese von beschränkten Ressourcen* verbunden: „Bei einer schwierigen Signalverarbeitung (wie beim Hören von Sprache in geräuschvoller Umgebung) müssen mehr Verarbeitungsressourcen für die sensorische Codierung verwendet werden; dadurch sind weniger Ressourcen für eine übergeordnete Verarbeitung verfügbar und das Hören wird anstrengend.“

Diese Hypothese wurde durch eine neuere Studie bestätigt. Dabei wurde mithilfe von EEG-Messungen aufgezeigt, wie sich unterschiedliche Signalverarbeitungen in Hörgeräten und/oder variierende Signal-Rausch-Abstände (SNR) auf die Höranstrengung auswirken (Winneke et al., 2016a,b).

Der von Phonak entwickelte Hörgerät-Algorithmus StereoZoom nutzt eine binaurale Richtmikrofontechnologie, um in besonders schwierigen Hörsituationen einen engen Aufnahmefokus zu erzeugen. Bei Unterhaltungen mit lauten Hintergrundgeräuschen verbessert StereoZoom den SNR; dies führt zu einer besseren Sprachverständlichkeit, Klangqualität und Störgeräuschunterdrückung (Latzel and Appleton, 2015; Phonak Field Study News, 2014). Andere Hörgerätehersteller nutzen alternative Ansätze, welche die Sprachverständlichkeit in geräuschvollen Umgebungen verbessern sollen.

Bislang wurde die Auswirkung von StereoZoom auf die Höranstrengung mit Verhaltensmessungen untersucht (z. B. Picou et al., 2014). Der Beweggrund der vorliegenden Studie war es, mit einer objektiven Messung (EEG) die Unterschiede bezüglich der Höranstrengung aufzuzeigen, wenn verschiedene Hörgerät-Algorithmen unter denselben Umgebungsbedingungen verwendet werden. Die Studie hatte zwei Ziele.

- 1) Vergleich von zwei in Phonak Hörgeräten enthaltenen Programmen hinsichtlich der Höranstrengung: *Verstehen im lauten Störgeräusch (Phonak SPILN)*: Mit StereoZoom (Richtmikrofontechnologie) und *Ruhige Umgebung (Phonak Calm)*: Mit Mikrofoneinstellung Real Ear Sound (RES, eine omnidirektionale Mikrofoneinstellung, welche die Direktionalität der Ohrmuschel simuliert).

- 2) Vergleich des Phonak SPILN-Programms mit dem Ansatz eines Mitbewerbers hinsichtlich der Höranstrengung. *Verstehen im lauten Störgeräusch (Phonak SPILN)*: Mit der Richtmikrofontechnologie StereoZoom *Mitbewerber (Comp Noise)*: Mit einem alternativen Ansatz zur Verarbeitung von Sprache bei Störgeräuschen.

Methodik

Testpersonen

Insgesamt nahmen 20 erfahrene Hörgeräteträger mit einem leicht- bis mittelgradigen Hörverlust an der Studie teil (Abbildung 1). Das Durchschnittsalter der Teilnehmer betrug 70,9 Jahre (SD = 7,28). 12 Teilnehmer waren Frauen, 8 waren Männer. Jeder Teilnehmer wurde mit zwei Hörgerätesets ausgestattet: Mit dem Audéo B90-312 von Phonak und mit einem Mitbewerberprodukt, beide mit geschlossener Ankopplung und Otoplastiken auf Silikonbasis (SlimTips).

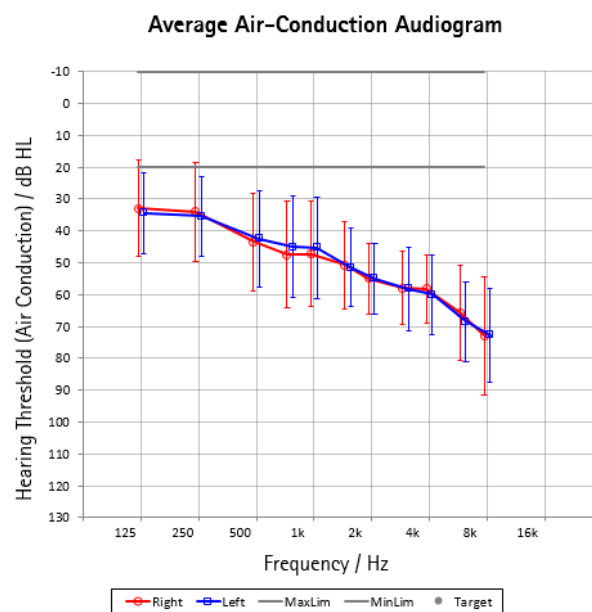


Abbildung 1. Durchschnittlicher Hörverlust der 20 Testpersonen. Ebenso sind Minimal- und Maximalwerte für den Hörverlust dargestellt. Hearing Threshold (Air Conduction) / dB HL = Hörschwelle (Luftleitung) / dB HL. Frequency / Hz = Frequenz / Hz

Testkonfiguration

Bei dem Störsignal handelte es sich um diffuse Störgeräusche in einer Cafeteria. Diese wurden bei konstant 65 dB SPL über Lautsprecher abgespielt, die bei 30°, 60°, 90°, 120°, 150°, 180°, 210°, 240°, 270°, 300° und 330° positioniert waren.

SNR-Bedingungen

Der SNR wurde durch Anpassen des Sprachsignalpegels verändert. Dieses Signal wurde über einen dem Teilnehmer bei 0° zugewandten Lautsprecher dargeboten, bis für jeden Teilnehmer der SRT50 ermittelt wurde. Basierend auf diesem individuellen SRT50 wurden die Bedingungen für „Hoher SNR“ und „Geringer SNR“ folgendermaßen individuell festgelegt:

Hoher SNR = SRT50 + 3 dB + 4 dB

Geringer SNR = SRT50 + 3 dB

Testkonditionen

Das Experiment umfasste 8 Testkonditionen in einem „2 x 2 x 2“-Aufbau mit folgenden Faktoren:

- SNR: „Hoher SNR“ ggü. „Geringer SNR“
- Hörgerät: Phonak Audéo B90-312 ggü. Mitbewerber
- Programm:
Phonak SPILN ggü. PHONAK Calm
und
„Comp Noise“ ggü. „Comp Calm“ (Mitbewerbereinstellung für ruhige Hörumgebungen)

Testparadigma

Das in dieser Studie verwendete Sprachmaterial wurde dem Material für den OLSA-Satztest entnommen (Wagner & Kollmeier, 1999). Basierend auf diesen Sätzen wurde eine Worterinnerungsaufgabe entwickelt. Die Teilnehmer hörten zwei Sätze hintereinander und mussten sich entweder an die gehörten Namen, Nummern oder die gehörten Objekte erinnern (d. h. Erinnerungsaufgabe). Die Antworten wurden per Touchscreen gegeben. Die daraus resultierende abhängige Variable entsprach dem Prozentsatz richtig erinnerten Satzteile (d. h. Genauigkeit).

Nach jedem Block (8 x 2 Sätze = 16 Sätze) mussten die Teilnehmer ihre wahrgenommene Hör- und Gedächtnisanstrengung beurteilen (d. h., wie anstrengend es war, sich an die Elemente zu erinnern). Die Antworten konnten basierend auf einer 13-Punkte-Skala entsprechend der ACALES-Skala (Krüger et al., 2017) per Touchscreen gegeben werden.

Die Konditionen wurden in Blöcken in einer zufälligen Reihenfolge präsentiert: Die Hälfte der Teilnehmer startete mit den Phonak-Geräten und die andere Hälfte mit den Mitbewerberprodukten.

Die Hirnaktivität wurde mit einem 24-Kanal-Drahtlos-Smarting-EEG-System (mBrainTrain, Belgrad, Serbien) aufgezeichnet. Dabei wurden 24 Elektroden in einer speziell angefertigten, elastischen EEG-Kappe (EasyCap, Herrsching,

Deutschland) befestigt und entsprechend des 10-20-Systems angeordnet (Jasper, 1958). Während die Teilnehmer die OLSA-Sätze hörten und sich an diese erinnerten, wurde das EEG mit einer Samplingrate von 500 Hz und einem Tiefpassfilter von 250 Hz aufgezeichnet.

Die EEG-Signale wurden anschließend offline analysiert. Aus den Aufzeichnungen wurden Zeitfenster mit 2500 ms um den Beginn jedes OLSA-Satzes extrahiert. Für diese Zeitfenster wurde eine Analyse der spektralen Leistungsdichte zwischen 3 und 25 Hz durchgeführt. Der Schwerpunkt lag auf dem EEG-Alpha-Frequenzband (8 - 12 Hz).

Ergebnisse

Die Analyse der EEG-Aufzeichnungen führte dazu, dass zwei Teilnehmer von der EEG-Datenstichprobe ausgeschlossen wurden. Bei einem Teilnehmer lag dies an schlechten Impedanzwerten während der Aufzeichnung und beim anderen Teilnehmer an einem Datenverlust aufgrund einer unterbrochenen Bluetooth-Verbindung. Dies ergab für die Analyse der EEG-Aufzeichnungen eine Stichprobengröße von 18.

Die objektive Messung der Antwortgenauigkeit (Prozentsatz der richtigen Antworten) zeigte, dass die SNR-Bedingungen gut ausgewählt waren; dies führte zu einer guten Sprachverständlichkeit, sodass die Genauigkeit für (fast) alle Einstellungen zwischen 70 und 90% lag.

Für jede Testkondition wurde die subjektive Höranstrengung beurteilt. Bei Phonak wurde bei einem schlechten SNR die Höranstrengung mit Phonak SPILN statistisch niedriger (19%) als mit Phonak Calm bewertet. Beim Mitbewerber zeigte sich mit Comp Noise und Comp Calm bei der Höranstrengung kein Unterschied. Beim direkten Vergleich der Geräte (Abbildung 2) wurde die Höranstrengung mit Phonak SPILN als deutlich geringer (18%) als mit Comp Noise beurteilt.

Ebenso wurde für jede Testkondition die subjektive Gedächtnisanstrengung beurteilt. Die Höranstrengung spiegelt eine kognitive Aktivität in einer frühen Stufe der Signalverarbeitung im Gehirn wieder. Dagegen ist die Gedächtnisanstrengung an eine etwas komplexere und spätere Stufe der Signalverarbeitung gebunden. Eine Korrelationsanalyse konnte zeigen, dass die Teilnehmer Höranstrengung und Gedächtnisanstrengung unterschiedlich bewertet haben. Dies deutet darauf hin, dass die Teilnehmer in der Lage waren, zwischen beiden Aspekten zu unterscheiden.

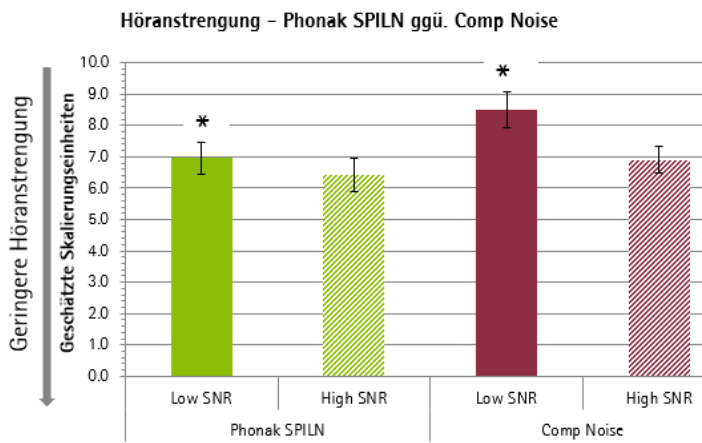


Abbildung 2. Durchschnittliche Bewertung der subjektiven Höranstrengung (geschätzte Skalierungseinheiten) mit Standardfehlerbalken für Phonak SPILN und Comp Noise bei Bedingungen mit hohem und geringem SNR. * = signifikanter Unterschied

Die Gedächtnisanstrengung wurde mit Phonak SPILN als deutlich geringer als mit Phonak Calm beurteilt. Dagegen zeigte sich zwischen Comp Noise und Comp Calm kein Unterschied. Beim direkten Vergleich der Geräte (Abbildung 3) wurde auch die Gedächtnisanstrengung mit Phonak SPILN als deutlich geringer als mit Comp Noise beurteilt.

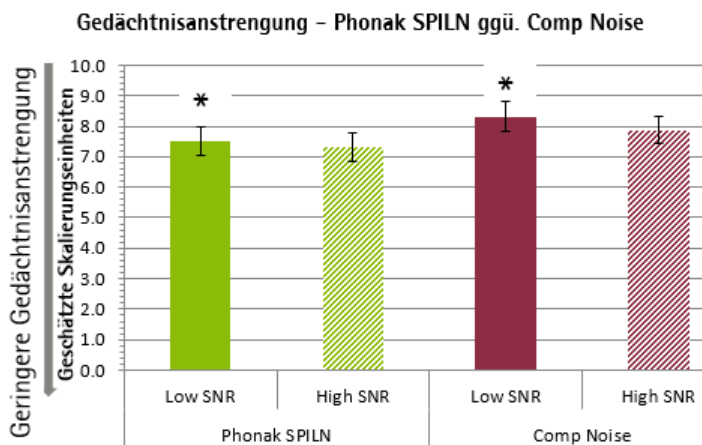


Abbildung 3. Durchschnittliche Bewertung der subjektiven Gedächtnisanstrengung (geschätzte Skalierungseinheiten) mit Standardfehlerbalken für Phonak SPILN und Comp Noise bei Bedingungen mit hohem und geringem SNR. * = signifikanter Unterschied. Low SNR = Geringer SNR. High SNR = Hoher SNR

Diese Ergebnisse zeigen, dass die für das Hören und Verstehen von Sprache erforderliche Anstrengung und die nötige Anstrengung um daraus gewonnene Informationen im Gedächtnis zu behalten, mit Comp Noise höher sind als mit Phonak SPILN.

Die EEG-Analyse (Abbildung 4) zeigte, dass die spektrale Leistungsdichte im Alpha-Frequenzband (8 - 11 Hz) unabhängig vom SNR mit Phonak SPILN geringer war als mit Comp Noise. Eine niedrigere Alpha-Band-Aktivität mit Phonak SPILN weist auf eine geringere Höranstrengung als

mit den Mitbewerbereinstellungen hin; dies unterstützt die Ergebnisse der Verhaltensdaten.

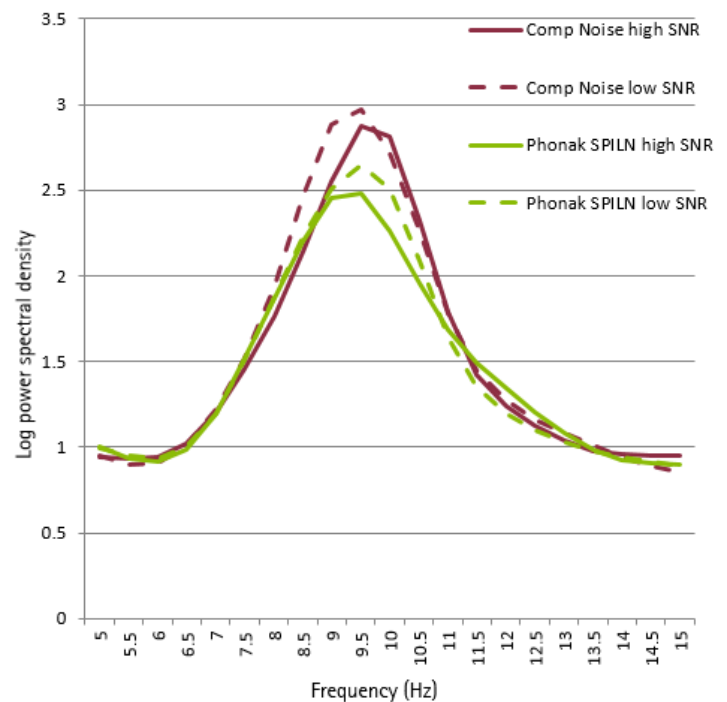


Abbildung 4. Durchschnittliche Werte der spektralen Leistungsdichte (gemittelt über die Zeit und Elektroden C3, C4, CP5, CP6, P3, P4) zwischen 5 und 15 Hz für Phonak SPILN und Comp Noise bei hohem und geringem SNR. Die Abbildung zeigt sowohl bei hohem als auch bei niedrigem SNR beim Mitbewerber eine höhere Aktivität als bei Phonak. Log power spectral density = Logarithmische Darstellung der spektralen Leistungsdichte

Fazit und Ausblick

Die subjektive Höranstrengung ist mit Phonak SPILN geringer als mit Phonak Calm, insbesondere bei einem niedrigeren SNR. Die Ergebnisse der EEG-Datenanalyse (Alpha-Band-Aktivität) stimmen mit den subjektiven Daten überein, da die Alpha-Aktivität unabhängig vom SNR mit Phonak SPILN deutlich niedriger ist als mit Phonak Calm. Die Auswirkung von StereoZoom ist eine deutlichere Störgeräuschunterdrückung. Deswegen sind sprachliche Signale einfacher zu verstehen, da mit StereoZoom im Phonak SPILN weniger Cafeteria-Störgeräusche durch das Gehirn unterdrückt werden müssen (Hypothese von gemeinsam genutzten Ressourcen). Dies spiegelt sich in einer geringeren Alpha-Aktivität mit Phonak SPILN als mit Phonak Calm wider. Die Ergebnisse der EEG-Datenanalyse zeigen eine reduzierte Höranstrengung; dies ist auch auf neurophysiologischer Ebene ersichtlich (Strauss, 2014).

Die Ergebnisse hinsichtlich des Vergleichs von Phonak SPILN und Comp Noise ähneln den Ergebnissen hinsichtlich des Vergleichs von Phonak SPILN mit Phonak Calm. Die subjektive Höranstrengung und Gedächtnisanstrengung sind mit Phonak SPILN geringer als mit Comp Noise, insbesondere

bei Bedingungen mit geringem SNR. Auch hier stimmen die Ergebnisse der EEG-Datenanalyse (spektrale Leistungsdichte im Alpha-Frequenzband) mit den subjektiven Daten überein, da die Alpha-Aktivität unabhängig vom SNR mit Phonak SPILN deutlich geringer ist als mit Comp Noise. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass die Störgeräuschunterdrückung in StereoZoom einen größeren Wirkungsgrad als der Ansatz von Comp Noise aufweist. Dadurch ist die Höranstrengung sowohl subjektiv als auch objektiv mit Phonak SPILN geringer als mit Comp Noise.

Als individuelle SNR-Werte herangezogen wurden, um eine ausreichende Sprachverständlichkeit unter allen Bedingungen zu gewährleisten, gab es hinsichtlich der Antwortgenauigkeit (Prozentsatz der richtigen Antworten) keinen signifikanten Unterschied zwischen Phonak SPILN und Comp Noise. Die höhere Höranstrengung mit Comp Noise weist möglicherweise auf Kompensationsprozesse hin, die erforderlich sind, um eine gute kognitive Leistungsfähigkeit aufrechtzuerhalten. Anders ausgedrückt müssen Teilnehmer bei der Verwendung von Comp Noise mehr (neuronalen) Ressourcen „investieren“, um die gleiche Leistung wie mit Phonak SPILN mit StereoZoom zu erzielen. Diese höhere Investition zeigt sich als höhere Höranstrengung – dies wurde sowohl subjektiv als auch neurophysiologisch nachgewiesen.

EEG stellt eine nützliche und informative Methode dar, um die Höranstrengung objektiv zu beurteilen und zu quantifizieren, und zeigte in diesem Fall bei StereoZoom eine geringere Höranstrengung als beim Mitbewerber, insbesondere in geräuschvollen Umgebungen.

Quellenangaben

Appleton-Huber, J., & König, G. (2014). Improvement in speech intelligibility and subjective benefit with binaural beamformer technology. *Hearing Review*, 21(11), 40-42.

Jasper, H. H. (1958). The ten-twenty electrode system of the International Federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 10, 371-375.

Krueger, M., Schulte, M., Brand, T., & Holube, I. (2017). Development of an adaptive scaling method for subjective listening effort. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 141(6), 4680-4693.

Latzel, M., & Appleton-Huber, J. (2015). StereoZoom – Adaptive behavior improves speech intelligibility, sound quality and suppression of noise. *Phonak Field Study News*,

retrieved from

<https://www.phonakpro.com/com/en/resources/information-forms/evidence.html>, accessed June 27th, 2018.

McGarrigle, R., Munro, K. J., Dawes, P., et al. (2014). Listening effort and fatigue: what exactly are we measuring? A British Society of Audiology Cognition in Hearing Special Interest Group 'white paper'. *International Journal of Audiology*, 53, 433-440.

Pichora-Fuller, M., Singh, G. (2006). Effects of age on auditory and cognitive processing: implications for hearing aid fitting and audiological rehabilitation. *Trends in Amplification*, 10(1), 29-59.

Picou, E. M., Aspell, E., Ricketts, T. A. (2014). Potential benefits and limitations of three types of directional processing in hearing aids. *Ear and Hearing*, 35(3), 339-352.

Rabbitt, P. (1968). Channel-capacity, intelligibility and immediate memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 20, 241-248.

Strauß, A., Wöstmann, M., Obleser, J. (2014). Cortical alpha oscillations as a tool for auditory selective inhibition. *Front Human Neuroscience*, 8(350), 1-7.

Winneke, A., Meis, M., Wellmann, J., Bruns, T., Rahner, S., Rannies, J., Wallhoff, F., Goetze, S. (2016a). Neuroergonomic assessment of listening effort in older call center employees. *Proceedings of the 9th AAL Kongress, Frankfurt/Main*.

Winneke, A., De Vos, M., Wagener, K., Latzel, M., Derleth, P., Appell, J., & Wallhoff, F. (2016b). Reduction of listening effort with binaural algorithms in hearing aids: an EEG Study. Poster presented at the 43rd Annual Scientific and Technology Meeting of the American Auditory Society, Scottsdale, AZ.

Autoren und Forscher

Externer Forschungsleiter



Axel Winneke erlangte im Jahr 2004 seinen Master of Science in Biologischer Psychologie an der Universität Maastricht und im Jahr 2009 seinen Dokortitel in Experimentalpsychologie an der Concordia University, Montreal. Seine Forschung befasst sich mit

der neurophysiologischen Messung von Kognition und Wahrnehmung. Derzeit ist er Forschungsleiter im Institutsteil Hör-, Sprach- und Audiotechnologie am Fraunhofer-Institut für Digitale Medientechnologie in Oldenburg. In diesem Rahmen arbeitet er an Projekten der angewandten Forschung im Bereich der Neuroergonomie mit besonderem Schwerpunkt auf dem Thema Höranstrengung.

Studienleiter



Matthias Latzel hat im Jahr 1995 in Bochum und Wien Elektrotechnik studiert. Nach seiner Promotion im Jahr 2001 hat er von 2002 bis 2004 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Audiologie der

Universität Gießen gearbeitet. Ab 2011 war er Leiter der Audiologie bei Phonak Deutschland. Seit 2012 ist er als Manager der Klinischen Forschungsabteilung der Phonak AG in der Schweiz tätig.

Autorin



Jennifer Appleton-Huber schloss 2004 ihr Studium der Audiologie an der University of Manchester ab. Seit 2013 ist sie in Großbritannien und in der Schweiz als wissenschaftliche Mitarbeiterin im Bereich der Audiologie tätig und forscht zur Hörgeräte- und CI-Nutzung von Kindern und

Erwachsenen. Aktuell arbeitet sie als Technical Editorial Manager am Phonak Hauptsitz.